

Contextualizando Galileu: Um Possível Caminho para Abordar Natureza da Ciência em Sala de Aula.

Contextualizing Galileo: A Way to Approach the Nature of Science in the Classroom.

¹Thiago Peron, ² Andreia Guerra, ³Thaís Cyrino Forato

¹CEFET-RJ, Colégio Militar de Juiz de Fora

²CEFET-RJ

³UNIFESP, Campus Diadema

¹thiagoperon@yahoo.com.br, ²aguerra@tekne.pro.br, ³ thaiscmf@gmail.com

Resumo

Esse trabalho apresenta os resultados parciais de uma pesquisa, cujo objetivo é investigar as mudanças que um curso com abordagem histórico-filosófica pode proporcionar acerca de concepções de NdC nos alunos. Para tal, desenvolvemos e avaliamos um curso de Física, cujo tema foi o estudo do movimento. Foram selecionados alguns episódios históricos envolvendo concepções de espaço e tempo como precedentes para o estudo da Teoria da Relatividade Restrita. Dessa forma, apresentamos o acompanhamento realizado em torno às mudanças ocorridas nas concepções dos estudantes sobre a NdC no decorrer do estudo de movimento. Aplicamos o questionário VNOS-C antes do curso para levantar as concepções dos alunos, e poder acompanhar como estas eram afetadas pela interação com o conteúdo e a metodologia propostos. O resultado do trabalho mostra que o espaço escolar tornou-se um ambiente de debate em que a ciência como construção humana tornou-se objeto de estudo e análise.

Palavras-chave: História da ciência, natureza da ciência, ensino de Física.

Abstract

Committed to promoting a more effective teaching of physics and related social issues, which would help with civic education and participatory, we conducted a study which is to study movement through an historical and philosophical concept. To analyze this method of teaching, we began a survey through questionnaires, which will investigate the notions of some concepts of the nature of science students and science to myths for, in the future, will assess changes that may occur in these. Then deliver a lecture that explored the various conceptions of space, time and motion, from Aristotle to Galileo. We explore the methods used by Galileo, translated by fragments of his original books. We also present the continuation of work aimed at studying the Theory of Relativity in the first year, using a timeline, enabling assessment of the theme through a historical context, adding to the discussion of the nature of science proposal.

Keywords: history of science, nature of science, physics teaching.

Introdução

Uma discussão recorrente em artigos de Ensino de Física é a preocupação de se encontrar novos caminhos, que promovam a formação de um cidadão atuante e integrado à sociedade, culturalmente e tecnologicamente (ZEA, JOSE, 1999; TEDESCO, 2006, MACHADO, NARDI, 2006; GUERRA, REIS, BRAGA, 2010). Nessa direção, McComas (2007) defende que se promova discussões de elementos da Natureza da Ciência (NdC). A NdC pode ser abordada somado-se estudos em história, sociologia e filosofia da ciência, relacionando a formação da ciência ao grupo de cientistas que a fazem, operando como um grupo social e como a sociedade em si os dirige (McCOMAS, 2007). Deste modo, espera-se que desenvolvendo os conceitos de NdC com alunos do Ensino Médio (EM), eles podem relacionar a ciência e seu processo de construção com aspectos sociais, culturais e econômicos de sua época. Um caminho possivelmente viável para discutir NdC é a utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) como método de ensino (OKI, MORADILLO, 2008, FORATO 2009), de tal forma que se torna importante o desenvolvimento e a avaliação de novos trabalhos.

Não é recente a defesa do uso da HFC como um caminho eficiente para o ensino da Física (PEREIRA, AMADOR, 2007; FORATO 2009). Andrade e colaboradores (2007) defendem que tal abordagem nos permite demonstrar o processo de construção da ciência, inserindo o cientista em um contexto sócio-histórico, compreendendo suas motivações ou limitações. Alguns estudos mostraram que exemplos históricos contribuíram para o entendimento do lado humano da ciência, ajudando ao aluno alcançar um esclarecimento maior sobre a ciência (McCOMAS, 2007). Matthews (2008) defende que se o aluno não aprender e apreender alguma coisa sobre ciência, seja metodologia ou epistemologia; seja a relação entre ciências e outras manifestações culturais ou religiosas; a oportunidade de a ciência enriquecer culturalmente este aluno está diminuída.

Essas considerações nos levaram a desenvolver um curso de Física para o primeiro ano do EM, cujo tema foi o estudo do movimento. Foram selecionados alguns episódios históricos envolvendo concepções de espaço e tempo como precedentes para o estudo da Teoria da Relatividade Restrita (TRR). O estudo de TRR ocorreu após o término do estudo de cinemática e antes de se abordar as leis de Newton. O curso foi aplicado em uma escola singular, que faz parte de um sistema nacional de ensino que determina um currículo único para todas as escolas que o compõe¹. Desse modo, é imperativo que as metodologias educacionais adotadas não comprometam os conteúdos preestabelecidos. Buscando atender a eficiência da proposta, quanto ao conteúdo curricular e ao tempo despendido para a inserção de conteúdos metacientíficos, introduzimos a HFC no estudo de Queda Livre, realizado após a discussão dos movimentos uniforme e uniformemente variado. O assunto escolhido pareceu-nos oportuno, pois nos permitiria estudar historicamente as definições de tempo e de espaço, que por sua vez estão diretamente ligadas ao estudo dos corpos em queda (JAMMER, 2010).

Apresentamos, neste artigo, os resultados parciais de uma pesquisa, cujo objetivo era investigar as mudanças que o curso pôde proporcionar acerca de concepções sobre alguns aspectos de NdC, nos alunos do primeiro ano do EM. Enfocaremos a problematização das concepções de NdC

¹ O colégio integra o sistema Colégio Militar do Brasil, formado por doze colégios distribuídos nas regiões brasileiras. A instituição tem por objetivo oferecer educação de qualidade aos filhos de militares que são constantemente transferidos, por isso a unidade curricular é imperativa. Os filhos de militares tem vaga garantida independente da escola de origem.

ocorridas desde o início do curso até o momento posterior ao estudo de queda livre. Aplicamos, inicialmente, o questionário VNOS-C para levantar as concepções dos alunos e podermos acompanhar como estas eram afetadas pela interação com o conteúdo e a metodologia propostos.

Metodologia da pesquisa

Os alunos que compõem a pesquisa possuem formações variadas e distintas, pois alguns são provenientes do Ensino Fundamental da própria escola, outros ingressos via concurso, há ainda os transferidos de escolas do próprio sistema e aqueles que cursaram o ensino fundamental à distância, porque moravam em regiões sem escolas presenciais.

Como nossa pesquisa volta-se para a evolução das concepções dos alunos sobre NdC, optamos por uma metodologia qualitativa, que permite acompanhar o processo de interação entre sujeitos e saberes, tanto quanto o produto da proposta de ensino e aprendizagem (CARVALHO, 2006; FLICK, 2009). Os dados foram obtidos ao longo do curso a partir de três fontes distintas, o que nos permitiu sua triangulação: a) respostas aos questionários; B) dados coletados em áudio e vídeo; c) respostas escritas pelos alunos em avaliações formais (FLICK, 2009).

A primeira etapa da pesquisa consistiu num questionário com perguntas abertas na primeira aula do ano letivo. O objetivo do questionário era fazer o aluno explicitar questões sobre a NdC, de forma que os resultados pudessem orientar o trabalho a ser desenvolvido com o grupo e indicar se houve reflexão, ao longo do curso, sobre a ciência e seu processo de construção. Escolhemos o questionário aberto VNOS-C (Views of the Nature of Science, Form C), elaborado e validado por Norman Lederman *et al.* (2001) e aplicado, pelos autores, na forma de pré-teste e pós-teste. O pós-teste com o referido questionário não será apresentado nesse artigo. Assim, os resultados do pré-teste serão confrontados com outros instrumentos de pesquisa.

O questionário VNOS-C é composto por onze questões discursivas, das quais somente cinco foram selecionadas para serem aplicadas, objetivando adaptá-lo ao nosso contexto educacional, onde os alunos apresentavam pouco conhecimento dos temas propostos no questionário. As questões selecionadas estão presentes no Quadro 1 e foram respondidas por 78 alunos, que se dividiam em três turmas. Os dados obtidos nessa etapa foram organizados quantitativamente para facilitar sua análise, e também estão apresentados no Quadro 1. Dentre os diversos aspectos de NdC que poderíamos explorar, apontados pela literatura especializada (McCOMAS, 2007), concentramo-nos naqueles referentes à: (i) necessidade de experimentação para a construção da ciência; (ii) no isolamento social do cientista; e na (iii) dogmatização e amplidão dos saberes da ciência.

Obtenção e análise de dados do questionário inicial

A organização dos dados resultantes da aplicação do primeiro questionário foi feita agrupando-se as repostas dos alunos em categorias que se manifestaram nas diferentes questões, conforme se pode ver no Quadro 1. O agrupamento das repostas semelhantes e a separação das mesmas em grupos advém do interesse de comparar os resultados desse questionário com as manifestações dos alunos sobre aspectos de NdC ao longo do curso.

	TURMA					
	3	4	5	Total		
NÚMERO DE ALUNOS	26	26	26	78	Alunos	Respostas válidas (%)

				(%)			
Questão 1 - Na sua visão, o que é ciência?							
Como disciplina.	2	5	4	11	14,1	14,1	
Como pesquisa (estudo) a parte da realidade	13	14	16	43	55,1	55,1	
Como manifestação da natureza e do cotidiano, relacionada como todos os aspectos naturais.	9	11	6	26	33,3	33,3	
Construída e executada por vários	1	0	0	1	1,3	1,3	
Relacionada com a história e sociedade	1	1	1	3	3,8	3,8	
Como manifestações distintas (escola, pesquisa, cotidiano)	0	2	0	2	2,6	2,6	
Não tinha opinião formada	1	1	4	6	7,7	7,7	
Não respondeu	0	0	0	0	0,0		
Questão 2 - O que é um experimento?							
Investigação, provas, testes com:	Práticas ou uso de aparatos experimentais	7	12	12	31	39,8	39,8
	Não necessariamente com a utilização de práticas e/ou instrumentos	1	0	2	3	3,8	3,8
	Não mencionou o uso de aparelhos.	16	14	12	42	53,8	53,8
É o próprio aparelho/instrumento	2	0	0	2	2,6	2,6	
Não respondeu	0	0	0	0	0,0	0,0	
Questão 3 - O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a física, a biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?							
A ciência utiliza-se de laboratórios e provas.	5	2	3	10	12,8	13,7	
Ciência concreta, não abstrata; razão, não crença.	12	16	14	42	53,8	57,5	
Ciência explica toda a natureza, não um assunto específico	5	6	2	13	16,7	17,8	
Ciência muda com o tempo.	1	1	0	2	2,6	2,7	
Ciência possui método (método científico)	2	2	3	7	9,0	9,6	
Não respondeu	1	0	4	5	6,4		
Questão 4 - Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), a teoria pode transformar-se? a) Se você acredita que as teorias científicas não mudam, explique por que. Defenda sua resposta com exemplos. b) Se você acredita que as teorias científicas de fato mudam: (b1) Explique por que as teorias mudam. (b2) Explique por que nós nos preocupamos em aprender teorias científicas, considerando que as teorias que aprendemos poderão mudar. Defenda sua resposta com exemplos.							
Sim, evolui	11	14	19	44	56,4	60,3	
Sim, transforma-se, o novo nega o antigo.	10	9	4	23	29,5	31,5	
Não	2	2	1	5	6,4	6,8	
Algumas teorias mudam, outras nunca.	0	1	0	1	1,3	1,4	
Não respondeu	3	0	2	5	6,4		
Questão 5 - O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? a) Se sim, explique por que. Dê exemplo para defender sua posição. b) Se não, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição.							
Sim	17	25	10	52	66,7	92,9	
Não	2	1	1	4	5,1	7,1	
Não respondeu	7	0	15	22	28,2		

Quadro 1 – Resultado do questionário aplicado antes da aula proposta.

A análise das respostas expôs a dificuldade dos alunos em definir o que é ciências. Das cinco questões, a primeira foi a que apresentou maior diversidade nas respostas, apesar de não haver respostas em branco. Alguns alunos declararam não possuir opinião alguma sobre o tema (6 alunos). Mais da metade dos alunos (55.1%) conceituaram ciências como uma atividade realizada

em laboratórios ou centro de pesquisas, não tendo relação direta com nosso cotidiano. Um terço dos alunos (33%) declarou que a ciência se manifestava em todos os fenômenos naturais, presente em suas atividades diárias. Somente três alunos (3,8%) afirmaram que a ciência se relaciona com a história e a sociedade, destes três, um aluno ainda acrescentou que um conceito científico é construído por vários e não por um indivíduo isolado. Cabe-nos ressaltar que esses três alunos foram reprovados no ano anterior e, por isso, cursam pela segunda vez o primeiro ano do EM, no mesmo colégio, com o mesmo professor. Sobre aquele que, isoladamente, respondeu que a ciência é formada por vários cientistas através da história, verificou-se que ele, no ano anterior, participou de um grupo de trabalho interdisciplinar que estudou a TRR com embasamento histórico-filosófico (AUTOR, 2011).

Referente à segunda questão, que aborda a definição de experimento científico, a maioria dos alunos (97,4%) defendeu experimento como sendo o ato de obter provas e comprovações, ou seja, de investigar uma teoria previamente estabelecida. Neste contexto, mais da metade dos alunos (53,8%) definiu experimento como investigação, mas não exaltaram o uso, ou não, de instrumentos e equipamentos. Do total de alunos, 39,8% defendeu que um experimento depende de equipamentos e laboratórios, já três alunos (3,8%) afirmaram que um experimento pode ser realizado sem o uso de quaisquer aparelhos. Independente da caracterização sugerida pelos alunos, quase a totalidade deles (92,9%) afirmou que o desenvolvimento do saber científico é baseado em experimentos. De acordo com as respostas analisadas, mais de 90% dos alunos, que responderam à última questão, defenderam que um conceito científico só é válido se submetido a testes e, ainda neste contexto, quase 40% dos alunos afirmou que para tal, é necessário uma prática experimental que utilize aparelhos e equipamentos apropriados².

“O experimento é o objeto usado pelo cientista para compreender o que ele está estudando, para tentar provar que o estudo é realmente verdadeiro”. Aluno 1

“Sim (o desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos), sem eles não haveria como ‘concretizar’ um fato na ciência.” Aluno 2.

A terceira questão avaliava como os alunos diferenciavam a ciência da religião, filosofia ou outras formas de investigação. A ciência fundamentada na razão, concreta e livre de abstrações, em oposição à religião ou à filosofia, foi a resposta de 53,8% dos alunos. Poucos alunos (12,8%) usaram a experimentação como característica de diferenciação ou alegaram que, as ciências, diferentemente das outras formas de investigação, conseguem compreender toda a natureza (16,7%). Um número pequeno, mas relevante (9%), afirmou que a ciência possuía método.

Sobre a evolução da ciência, 85,9% dos alunos concordou que as teorias científicas mudam. Quarenta e quatro alunos (56,4%) defenderam que as teorias antigas não são abandonadas, mas servem de base para as novas. Em contraste, 29,5% afirmou que a ciência muda negando as teorias anteriores, os novos conceitos científicos seriam construídos, corrigindo os erros dos conceitos antigos. Somente cinco alunos negaram a mudança dos conceitos científicos.

Importa destacar um fato observado na análise desses dados preliminares. Parece-nos que o interesse dos alunos no que diz respeito ao questionário aplicado diminuía à medida que as respostas prosseguiam. Além de respostas mais curtas e diretas nos itens 4 e 5, o número de respostas em branco é maior nas questões 3, 4 e, em especial, na questão 5.

² Ressaltamos que a “preocupação” volta-se para um verificacionismo ingênuo, uma visão puramente empírico-indutivista da ciência, e não a negação do papel do experimento na sua construção. Os dados serão confrontados a outras respostas abaixo.

O teste VNOS-C e os mitos da ciência

Sobre a NdC e a visão que os livros didáticos e alunos norte-americanos têm sobre ela, McComas (1998) listou e julgou uma série de “mitos da ciência”, por exemplo, “existe um método científico geral e universal”; “ciência e seu método produzem provas absolutas”; “ciência e seu método podem responder todas as questões” ou “a experiência é a principal via para o conhecimento científico”. Dentre os mitos citados por McComas (1998) nem todos são decorrentes de informações equivocadas ou imprecisas dos livros. São impressões que, em alguns casos, surgem independentemente do professor ou manual didático, mas que poderiam ser utilizadas como pontos de partida nas discussões de NdC.

No universo com o qual trabalhamos, podemos extrair informações que corroboram com os mitos destacados por McComas (1998). Por exemplo, o mito que “a experiência é a principal via para o conhecimento científico” é confirmado em 93% das respostas válidas do quadro 1.

Na questão 2, notamos que cerca de 40% das respostas válidas afirmam ser necessário o uso de aparelhagem para o processo do fazer científico, somente 3,8% descarta essa necessidade. Em conjunto com o resultado da questão três, que aponta 57,5% das questões válidas defendendo a concretude e exatidão da ciência, concluímos que os mitos que dizem que “ciência é mais processual que criativa” e que os “cientistas são particularmente objetivos” se confirmam. Muitos alunos, em suas respostas, afirmaram que a ciência é conduzida em laboratórios com equipamentos precisos, ou ainda expuseram a necessidade da repetição dos experimentos para a confirmação dos resultados obtidos. Esses resultados confirmam outro mito destacado por McComas (1998): “conclusões científicas são revisadas com precisão”.

Nas respostas dos alunos das três turmas, verificamos que o mito de que “leis científicas e outras ideias semelhantes são verdades absolutas” se fez presente nas respostas da questão quatro. Dois terços dos alunos acreditam que os conceitos científicos não mudam, apenas evoluem. Assim, os estudantes entendem que os conceitos científicos são certezas irrestritas.

Algumas respostas dos alunos corroboram para a análise da visão dogmática da ciência: “*Por que as ciências dificilmente são questionadas, elas são comprovadas por experimentos...*” (Aluno 3 turma A); “*As disciplinas científicas apresentam maior exatidão e se baseiam em fatos observados e comprovados, dos quais não há argumentação ou diferentes pontos de vista*” (Aluno 4, turma B).

Encontramos também respostas que negam alguns dos mitos destacados por McComas (1998). Na primeira questão, por exemplo, a maioria dos alunos (55,5%) afirmou que a ciência é um trabalho realizado dentro de laboratórios, distante do cotidiano. Na terceira questão, cerca de 18% declarou que a ciência explica todos os ramos da natureza, e 60% das respostas válidas nessa questão, consideram que as ciências são capazes de lidarem apenas com conceitos concretos, questões religiosas e sociais, por exemplo, não são discutidas por ela. Portanto, o mito “ciência e seu método podem responder todas as questões” não foi confirmado pela maioria dos alunos.

Os resultados apresentados, tanto no agrupamento direto das respostas equivalentes sobre NdC, quanto na interpretação dos mitos da ciência nelas encontrados, serviram de alicerce para a construção do curso, apontando aspectos importantes a serem retomados, enfatizados ou problematizados. McComas (2007) defende que simplesmente narrar a contextualização histórica não basta para que os estudantes absorvam os conceitos de NdC desejados. Com essa ressalva, tomamos os resultados iniciais da pesquisa para escolher em quais momentos o estudo de HFC deveria ser reforçado junto aos alunos, e quais os conceitos de NdC, priorizados.

Contextualização Histórica de Galilei Galileu: alguns resultados

O curso em questão abordou cinco episódios da história da ciência, enfocando especificamente seis personagens históricos, e foi distribuído ao longo de um bimestre. Vamos apresentar aqui as atividades e conteúdos das aulas do curso que envolveu Galileu Galilei (1564-1642).

O planejamento do curso levou em considerações os parâmetros apontados por Forato (2009, vol 1, p. 188-196) no que concerne ao uso de HFC nas aulas de ciências. Avaliou-se os objetivos pretendidos, o tempo didático disponível, os cuidados necessários para se evitar a pseudo-história. Utilizou-se fontes primárias e secundárias da história da ciência, de forma a conduzir uma abordagem diacrônica dos episódios históricos. A metodologia proposta inclui a utilização de diferentes recursos didáticos, por exemplo, apresentar o conteúdo utilizando recursos multimídias e promovendo discussões plenárias com a classe e realizando a leitura de fragmentos de textos originais de Galileu. Trechos de filmes comerciais dispostos em uma linha do tempo³ foram analisados, junto com o professor, visando contextualizar a ciência a cada época histórica.

O tempo didático disponível ao estudo de queda livre era restrito, assim, privilegamos na organização das aulas a discussão do contexto histórico em que Galileu desenvolveu o estudo de queda livre, de forma a confrontar suas propostas com a cosmologia aristotélica, buscando evitar o risco de simplificações indevidas. Iniciamos, então, esse conjunto de aulas, apresentando a cosmologia aristotélica, que dividia o mundo supralunar do mundo sublunar. Enfatizamos que no mundo sublunar o movimento natural era o movimento vertical, na direção e sentido do centro da Terra (centro do Universo), ou no sentido oposto a este, dependendo da composição dos corpos (Jammer, 2010). Apesar dos escritos aristotélicos terem se distanciado da Europa no início da era cristã, a estrutura cosmológica do filósofo que se estabelece e é fundamentada por Cláudio Ptolomeu no século II, geometrizando-a e tornando-a sólida durante toda a Idade Média. Neste momento do curso, destacamos que a entrada de livros de Aristóteles na Europa medieval, traduzidos e estudados pelos povos de língua árabe, a partir dos séculos XI e XII, e a adoção dessa filosofia pela Igreja Católica como doutrina, foram fundamentais para o nascimento da ciência moderna (BENOIT, MICHEAU 1996).

Seguimos o estudo, discutindo a proposta do modelo de Copérnico, assim como os trabalhos de Tycho Brahe e Johannes Kepler. Discutimos, também, alguns aspectos das mudanças sociais, econômicas e culturais da Europa dos séculos XV, XVI e XVII para ressaltar que nesse contexto Galileu Galilei publicou o livro *Diálogos sobre os dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano* (1632). Trabalhamos, nesse momento, alguns trechos dos *Diálogos* que destacam o debate de Galileu com aristotélicos, ao defender o modelo heliocêntrico (GALILEI, 2004, p.195). A alegação de mudança na posição da Terra, acarretou a Galileu ponderações que foram exploradas com os alunos, a saber: a necessidade de explicar porque os corpos pesados (“graves”) caem em direção à Terra, tendo em vista que esta deixou de ser um local privilegiado e o porquê de não sentirmos o movimento do planeta.

Discutimos com os alunos que Galileu desenvolveu um rigoroso estudo dos movimentos e estruturou a cinemática, mas que não construiu uma explicação para a causa da queda dos corpos

³ A linha associa diferentes momentos da história da ciência a alguns filmes comerciais, que tratam temas históricos em seus respectivos contextos. Pode ser encontrada em: <http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/oter-se-a-luz-e-a-natureza-da-ciencia>

à Terra. Enfatizamos com os alunos que essa foi uma questão deixada em aberto. No estudo das Leis de Newton, não relatado nesse trabalho, esse ponto será retomado.

Os alunos leram trechos dos Diálogos (GALILEI, 2004, p. 102) com o intuito de discutirmos os resultados obtidos por Galileu, sobre a análise da aceleração de corpos em planos inclinados. No *Discurso e Demonstração Matemática em torno de duas Novas Ciências* (1638), Galileu discutiu a uniformidade da variação da velocidade do corpo em queda. Neste livro, em que várias proposições foram detalhadas pelo autor, atentamos para o caráter geométrico de suas demonstrações, discutindo o desenvolvimento da álgebra na Europa neste período histórico (BENOIOT, MICHEAU 1996).

A análise dos dados de áudio e vídeo obtidos nas aulas, em que fragmentos dos livros de Galileu foram lidos e discutidos, mostram que os alunos relacionaram os textos com os conceitos de velocidade, aceleração, movimento uniforme e uniformemente variado.

Após a discussão dos textos, prosseguimos a aula a partir de uma abordagem matemática, apresentando as equações do movimento acelerado já conhecidas pelos alunos, e aplicadas ao movimento vertical. Encerramos a aula lançando perguntas sobre o caráter experimental do trabalho de Galileu e mencionando a suposta experiência da queda dos corpos na torre de Pisa (LANG, PEDUZZI, 2006). Essas perguntas, que foram respondidas por escrito, visavam instigar os alunos a refletirem sobre a necessidade de experiências na ciência e sobre o resultado deste experimento creditado a Galileu. Uma das perguntas questionava se, após as aulas, o aluno acreditava na realização da experiência em Pisa e, outra perguntava o porquê da experiência ou da criação desta estória.

Das quarenta e três respostas recolhidas, vinte defenderam a realização da experiência, alegando que na verdade ela poderia não ser necessária. Este resultado é relevante se comparado àquele do questionário inicial, onde 97% dos alunos declarou ser o experimento o único caminho para o fazer científico. Na discussão das respostas dos alunos com a turma, o professor considerou esses resultados, no sentido de enfatizar que a ciência não se construiu exclusivamente por indução, mas que a experimentação foi fundamental para a construção da ciência moderna. Para o prosseguimento da aula, destacamos que Galileu em muitas de suas demonstrações valia-se de experiências mentais, ou seja, sem a construção de aparatos para realização de práticas experimentais. Mas, isso não significou que o fazer experimental esteve divorciado de seu fazer científico. Ativemo-nos na passagem do *Diálogos* na qual Salviati demonstra, sem experimentos, que uma pedra, ao cair do mastro de um navio em movimento, acompanha o movimento desse (GALILEI, 2004 p. 225 e 226). Expusemos os trechos subsequentes nos quais Galileu direciona o raciocínio do leitor a crer que a pedra, ao cair do mastro de um navio em movimento, prevalecerá com o movimento do navio, ou seja, cairá ao pé do mastro. Alguns alunos, neste momento, notaram a semelhança da conclusão de Galileu com o conceito newtoniano de inércia, permitindo-nos relatar a continuidade do trabalho destes dois filósofos naturais e ressaltar a construção continuada e conjunta da ciência (JAMMER, 2010): “*professor, a pedra continua com a velocidade do barco, não é inércia?*” – aluno 6.

Finalizamos explorando dois fragmentos do *Discurso*. O primeiro contém uma explanação na qual o filósofo natural pondera sobre a queda de corpos diferentes abandonados de uma mesma torre e de uma mesma altura (GALILEI, 1935, p. 204). No segundo, Galileu explica e detalha cuidadosamente seus experimentos, tanto na montagem quanto na execução (GALILEI, 1935, p.

133). Utilizamos as duas passagens para reforçar com os alunos que Galileu não se valeu apenas de experimentos de pensamento.

Uma comparação entre as respostas dos alunos no questionário VNOS-C e os seus comentários extraídos das gravações da última aula, bem como de respostas às perguntas sobre a prática de Galileu, mostrou que alguns estudantes emitiam opiniões diferentes sobre NdC, em especial na necessidade da experimentação na ciência. Por exemplo, vários alunos que no questionário inicial defenderam a obrigação de experimentos como comprovação de teorias científica, entendendo experimentos como execução de práticas utilizando equipamentos e laboratórios, afirmaram em sala que Galileu não precisou da experiência da torre de Pisa para validar seus resultados.

No planejamento inicial da pesquisa os resultados do pré-teste VNOS-C seriam confrontados, ao longo do curso, com as observações das aulas. Porém, nesse momento da pesquisa, houve a necessidade de aprofundar as análises obtidas até o momento. Para tal, colocamos em duas avaliações formais distintas duas questões que visavam identificar como os alunos estavam processando as reflexões em torno a NdC. A opção pelas avaliações formais deve-se ao fato dos alunos, na aplicação do pré-teste VNOS-C, terem respondido as últimas questões sem muito cuidado. Desejávamos com o uso das avaliações formais ampliar a atenção dos alunos para a construção de suas respostas. A primeira avaliação ocorreu após as aulas de queda livre e a outra ocorreu quarenta dias após o término das aulas descritas nesse trabalho. A primeira questão, de caráter dissertativo, solicitava ao aluno relacionar a mudança cosmológica de Aristóteles para Copérnico e o desenvolvimento da cinemática por Galileu. Levantou-se que 62% deles sabia relacionar os conceitos apresentados. A segunda questão, objetiva, centrava-se na necessidade de experimentação nas ciências e na experiência da queda dos corpos atribuída a Galileu. Neste caso, o número de acertos foi de 66%, proporção superior a qualquer outra questão da avaliação.

O curso descrito foi aplicado no primeiro bimestre do ano letivo, finalizando o ensino de cinemática previsto no currículo escolar. Por exigência da escola, no início do segundo bimestre, foram desenvolvidos estudos de vetores, composição de movimento. Nesse estudo, não houve contextualização histórica. Para retomar estudo do movimento com enfoque histórico-filosófico, optou-se pela utilização de uma linha de tempo, para discutir pontos já trabalhados em aulas anteriores e indicar questões ainda a serem exploradas no curso. A linha do tempo escolhida relaciona os filósofos e cientistas com os cenários políticos e sociais de seu tempo, por meio de filmes comerciais atuais (FORATO, 2009). Cuidamos para que as contribuições dadas por diferentes pensadores fossem analisadas mediante seus respectivos contextos, evitando interpretações ingênuas de que proposições posteriores poderiam estar mais próximas à “verdade”. A idéia da verdade na ciência, ou a dogmatização e amplidão dos saberes da ciência é uma das críticas que objetivamos discutir com os estudantes.⁴ Mostrar rupturas com concepções anteriores de mundo, as teorias descartadas e substituídas evidenciam o caráter mutável do conhecimento científico, o que, por si, torna sem fundamentos a idéia de verdades na ciência.

⁴ Importa destacar que apresentar os eventos históricos na sua localização temporal, não significa, necessariamente, que se fará uma abordagem linear da construção da ciência, em geral, associada à idéia de “progresso rumo a verdade”. Fatos históricos sucedem-se no tempo, que registramos nos calendários de maneira linear, mas a abordagem que se faz de cada um deles, isoladamente ou em uma linha temporal, é que pode transmitir concepções distorcidas acerca da NdC. As concepções aqui adotadas estão explícitas nos aspectos da NdC discutidos.

A linha do tempo

O recurso da linha do tempo mostrou-se uma ferramenta merecedora de destaque para os resultados dessa pesquisa. Iniciamos com sua apresentação integral aos alunos, sempre atentando para destacar a pertinência das contribuições de cada pensador ao seu respectivo contexto cultural. Em seguida, retornamos aos personagens pertinentes ao nosso estudo, através da exibição e discussão de cenas de alguns dos filmes comerciais expostos na linha do tempo. O primeiro filósofo a merecer destaque foi Aristóteles (IV a.C). A contextualização do filósofo partiu da discussão de cenas selecionadas dos filmes “300” (SNYDER, EUA, 2007) e “Alexandre” (STONE, EUA, 2004,). Em ambos, o cenário explana satisfatoriamente os costumes e divisões políticas do século III a.C. Após Aristóteles, chamamos a atenção na linha do tempo para o século II, período de Cláudio Ptolomeu. Terminada essa discussão, destacamos o encontro da cultura dos povos de língua árabe com os da Europa nos séculos XI e XII, quando os escritos de Aristóteles retornam a Europa e são traduzidos para o latim pelos monges católicos, incorporando-os na doutrina da Igreja (BENOIT, MICHEAU, 1996). Trabalhamos esse momento explorando o filme *O Nome da Rosa* (ANNOUD, ALEMANHA, 1986), cuja história desenvolve-se em um mosteiro católico do século XIII.

Em seguida, nos localizamos na linha do tempo entre os séculos XV e XVI, onde se destaca a figura de Nicolau Copérnico. O conceito de espaço começa a sofrer mudanças mais significativas neste período, diferenciando-se daquele proposto por Aristóteles (JAMMER, 2010). Com a linha do tempo, localizamos Johannes Kepler e a consolidação do sistema heliocêntrico. Isaac Newton e sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* foram, em seguida, ressaltados. Para ilustrar a importância da mecânica newtoniana que, pela sua precisão e completude, fundamentou todos os saberes posteriores, voltamos à linha do tempo. Destacamos o filme *Moça com Brinco de Pérola* (WEBBER, INGLATERRA, 2003), uma ficção em torno à confecção do quadro homônimo por Vermeer. Discutimos, a partir do filme, as novas técnicas e a importância da experimentação na Inglaterra e Holanda do século XVII. A contextualização do trabalho de Newton e da leitura de sua obra no século XVIII foi realizada a partir do filme *Frankenstein de Mary Shelley* (BRANAGH, INGLATERRA, 2004), que nos permitiu discutir a visão mecanicista da natureza presente no século XVIII. Destacamos que a ciência era influenciada por fatores culturais intrínsecos a cada momento histórico.

Recorremos novamente à linha do tempo para contextualizar a época em que Einstein ingressava na profissão de técnico em um escritório de patentes. Nesse momento, expusemos cenas do filme *Tempos Modernos* (CHAPLIN, 1936) que, apesar de se passar na década de 30 do século XX, retrata o avanço tecnológico de fins do século XIX e início do XX.

A admissão desta ferramenta no curso possibilitou uma rápida revisão histórica dos conceitos científicos que haviam sido trabalhados, quando do estudo de queda livre e ainda trouxe à sala de aula reflexões sobre questões de metaciência importantes aos estudos que ainda seriam desenvolvidos: leis de Newton e TRR. Isto porque através da linha do tempo o professor explorou cenários políticos, sociais e culturais das épocas e regiões dos cientistas a serem ainda apresentados e uma retomada dos cientistas já estudados.

A utilização da linha do tempo provocou um dinamismo nas aulas, colaborou para manter a atenção dos alunos. Perguntas e comentários permitiram retomar, no momento em que as respostas eram discutidas com os alunos, questões discutidas na primeira parte do curso, estudo de queda livre, a respeito do processo de construção da ciência

- “Professor, este filme é antes ou depois de Galileu? Não foi Galileu que começou com a experiência?” aluno 5. Neste momento, retomamos a discussão do ambiente cultural em que Galileu viveu, destacando o papel dos franciscanos na construção de um novo olhar para a ciência, além de problematizarmos a concepção equivocada de que Galileu teria sido o primeiro pensador a utilizar experimentos para investigar o mundo natural.

Considerações finais

Apresentamos algumas etapas da pesquisa e resultados parciais da análise dos dados, uma vez que a pesquisa mais ampla ainda encontra-se em desenvolvimento, por exemplo, as aulas de Leis de Newton e TRR citadas neste artigo estão em fase de avaliação. Seguiu-se no estudo desses temas a abordagem histórico-filosófica, assim, optou-se por reaplicar o questionário VNOS-C após um mês do término do estudo de TRR, o que ainda não ocorreu.

Apesar da pesquisa não estar concluída, os resultados preliminares demonstram que as aulas com abordagem histórico-filosófica proporcionaram discussões concretas de aspectos de NdC, como as relativas ao papel da experimentação na construção da ciência. Os alunos confrontaram a visão manifestada no questionário inicial com a que estava sendo apresentada. Isso se explicita na fala do aluno 5, ao questionar o professor sobre o fato de Galileu não ter realizado o experimento da torre de Pisa “*mas não foi ele (Galileu) quem disse que temos que observar, perguntar e realizar experiências?*”

Interessante, ainda, destacar que a utilização da HFC como caminho, não comprometeu o agendamento das aulas, e ainda contribuiu para a melhor compreensão da disciplina pelos alunos com baixo rendimento em Física. A participação desses alunos nos debates em sala, e no decorrer das aulas foi muito intenso. Eles intervieram com maior intensidade do que nas aulas anteriores ao estudo de queda livre em que a abordagem histórico-filosófica não estava presente. Diferente daquelas aulas, esses alunos mostraram-se interessados em esclarecer dúvidas no entendimento da matéria em questão. Outro ponto a ser destacado é que os professores das disciplinas de História e de Filosofia das turmas em que o curso foi aplicado procuraram o professor de Física para relatá-lo que os alunos estavam naquelas aulas trazendo informações apresentadas e discutidas nas aulas de Física. Em suma, as aulas trouxeram ao espaço escolar um ambiente de debate em que a ciência como construção humana tornou-se objeto de estudo e análise.

Conforme apontam Martins (2007), Oki, Moradillo (2008), Paixão e Cachapuz (2003) essa pesquisa pretende contribuir para diminuir a carência existente na área de propostas metodológicas concretas para os usos da HFC na sala de aula.

Referencias Bibliográficas

ANDRADE, R. R. D., NASCIMENTO, R. S. GERMANO, M. G. Influências da Física Moderna na obra de Salvador Dalí. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24 (3): 400 - 423, 2007.

BENOIT P., MICHEAU, F. Elementos para uma História da Ciência, vol. I, direção Michel Serres. Ed Terramar, Lisboa. Páginas 183 – 211. 1996.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In, SANTOS, F.M.T.; GRECA, I.M. (orgs.) A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. Unijuí, Ed. Unijuí, 2006, pp.13-48.

- FLICK, U. Introdução à Pesquisa Qualitativa. Artmed Editora, porto Alegre. 2009
- FORATO, T. C. M.. A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. Tese de Doutorado. São Paulo: FEUSP. 2 vols. 2009
- GALILEI, G. Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano. Tradução de Pablo Rubén Mariconda. Discurso editorial. 2ª edição. São Paulo. 2004.
- GALILEI, G. Duas novas ciências. Tradução de Letizio Mariconda e Pablo Rubén Mariconda. Ched editorial. São Paulo. 1935.
- GUERRA, A., REIS, J. C., BRAGA, M. A.. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27 (3) 568-583, dez. 2010.
- JAMMER, M.. Conceitos de espaço. A história das teorias do espaço na física. Editora Contraponto. Rio de Janeiro. 2010.
- LANG, F., PEDUZZI, L... Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(1): 26-52. Florianópolis SC, 2006.
- LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R. S., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1: 135-160, 2001.
- MACHADO, D. I., NARDI, R., Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28: 473-485, 2006.
- MARTINS, A. F. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há Muitas Pedras Nesse Caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24 (1): 112-131, abril, 2007.
- MATTHEWS, M. R.. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12 (3): 164-214, Dez. 1995
- MCCOMAS, W. F. The Principal Elements Of The Nature Of Science: Dispelling The Myths. In: Mccomas, W. F. (Ed). *The Nature Of Science In Science Education. Rationales And Strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of Science. *Science and Education*. 2007.
- OKI, M, C, M; MORADILLO, E, F.. O Ensino De História Da Química: Contribuindo Para A Compreensão Da Natureza Da Ciência. *Ciência & Educação*, 14 (1) 67-88. 2008.
- PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudança na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências. *Química Nova na Escola*, Belo Horizonte, 18: 31-36, 2003.
- PEREIRA, A. I., AMADOR, F. A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6 Nº 1. 2007.
- TEDESCO, J. C. Prioridade ao ensino de ciências: uma decisão política. Madri: Espanha: OEI-Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2006.
- ZEA, R., JOSÉ, M.. Por uma concepción moderna de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*. 1999.