

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

***A revista Pesquisa FAPESP* como recurso para abordagem
da sociologia da ciência em sala de aula: análise de textos e
aplicação de atividade didática**

Geovânia Pereira Dos Reis Mota

Fevereiro de 2016
Itajubá

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Geovânia Pereira Dos Reis Mota

**A revista *Pesquisa FAPESP* como recurso para abordagem
da sociologia da ciência em sala de aula: análise de textos e
aplicação de atividade didática**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Ciências como parte
dos requisitos para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Ciências.**

Área de concentração: Ensino e Aprendizagem

**Orientador (a): Profa. Dra. Jane Raquel Silva de
Oliveira**

Fevereiro de 2016
Itajubá

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Geovânia Pereira Dos Reis Mota

**A revista *Pesquisa FAPESP* como recurso para abordagem
da sociologia da ciência em sala de aula: análise de textos e
aplicação de atividade didática**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 30
de março de 2016, conferindo ao autor o título de
Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Jane Raquel Silva de Oliveira

Prof. Dr. Henrique César da Silva

Profa. Dra. Mariana Feiteiro Cavalari Silva

Itajubá
2016

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me proporcionado forças para vencer essa jornada e a todos que de alguma forma participaram do caminho por mim percorrido, contribuindo, direta e indiretamente, para que eu realizasse esta pesquisa, auxiliando-me e dando-me forças nos momentos em que mais precisei.

Agradeço, especialmente, à minha família, pelo apoio para que eu concretizasse essa pesquisa: meus pais, Amélia e José, que foram compreensíveis, quando me ausentava; e, em especial, meu esposo Douglas, que sempre esteve ao meu lado, compreendendo os momentos de ausência e de angústia, apoiando apesar de muitas vezes contragosto, contribuindo com soluções e muito carinho. Aos meus filhos, Davi e Maria Clara, apesar de ainda não compreenderem muito, tiveram muita paciência com a mamãe que sempre pedia silêncio para estudar. Aos meus irmãos Adriano, Alessandra, Adriana, Giseli e Samuel, que dentro das possibilidades individuais me auxiliaram na realização deste sonho, sempre me ouvindo e sugerindo soluções. Ao meu sogro e sogra, Antônio e Aparecida que, sempre que precisei, me ajudaram, principalmente nos cuidados dos meus filhos.

À querida professora Jane Raquel, minha orientadora, que me proporcionou aprendizagens únicas, me encorajando, motivando e orientando nessa jornada tão desconhecida por mim. Obrigada pela paciência, por me compreender, mesmo nos momentos em que parecia que eu não conseguiria, por acreditar em mim.

Aos colegas e professores do mestrado, por tudo o que com eles aprendi e por partilharem a construção do meu estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional da Universidade Federal de Itajubá e a todos os que fazem parte desta comunidade.

Em especial, à amiga Gabriela (Gabi), pela qual tenho um grande carinho e admiração, agradeço por me motivar a querer fazer o mestrado. Lembro como se fosse hoje, na sala dos professores, você me dizendo sobre o mestrado e o quanto seria legal fazermos juntas. Conseguimos. Muito obrigada amiga pela ajuda incondicional.

Quero agradecer também à Escola Estadual Maria Lina de Jesus, à direção e colegas professores que me apoiaram e foram compreensivos neste período de dedicação aos estudos. Aos meus queridos alunos, especialmente os primeiros anos, que contribuíram com esta pesquisa e me possibilitaram um grande crescimento como profissional e como pessoa.

A todos muito obrigado, de coração.

“Para o espírito científico qualquer conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não tem pergunta não pode ter conhecimento científico. Nada se dá tudo se constrói” (G. Bachelard)

RESUMO

Vários pesquisadores têm discutido a importância da abordagem de aspectos da história, filosofia e sociologia da ciência para a educação em ciência. Também têm discutido as diferentes visões sobre o fazer ciência que os materiais de divulgação científica podem veicular. Neste contexto, realizamos inicialmente uma revisão bibliográfica na qual analisamos trabalhos publicados na área de ensino de ciências que descrevem a aplicação de atividades didáticas direcionadas à abordagem de aspectos da natureza da ciência na educação básica. Analisamos nos trabalhos os seguintes aspectos: contextos de aplicação das atividades (escola, nível de ensino, disciplina); objetivos didáticos; tipos de materiais didáticos usados; estratégias utilizadas; e contribuições das atividades. Nessa revisão bibliográfica verificamos a importância de recursos e estratégias que proporcionem aos estudantes uma visão mais adequada sobre a prática da ciência. Nessa perspectiva, a finalidade desta pesquisa é estudar o potencial de textos de divulgação científica (TDC) da revista *Pesquisa FAPESP* como recurso para a abordagem da sociologia da ciência em sala de aula. Adotamos como referencial teórico os estudos da sociologia da ciência de Bruno Latour. Analisamos os textos “Como explicar um coração tão dividido” e “Correr faz bem” da referida revista, utilizando a metodologia de Análise Textual Discursiva. Na etapa seguinte da pesquisa, utilizamos o referido texto em uma atividade didática aplicada em uma turma de primeiro ano ensino médio. Nessa atividade, os alunos produziram histórias em quadrinhos (HQ) baseadas na leitura do texto. Analisamos duas HQ produzidas pelos alunos, adotando a metodologia de Análise Semiótica de Imagens. Os TDC analisados evidenciaram diversos aspectos da prática da ciência e do trabalho do cientista, tais como o trabalho coletivo, a colaboração entre pares, a importância das publicações, a arte da persuasão, argumento de autoridade e entre outros. Nas HQ analisadas, verificamos que vários aspectos dessa natureza foram colocados em destaque pelo aluno. A análise dos dados indica que os textos da revista *Pesquisa FAPESP* podem auxiliar os estudantes na compreensão de aspectos da prática da ciência.

Palavras-chave: texto de divulgação científica; sociologia da ciência; revista *Pesquisa FAPESP*; recurso didático.

ABSTRACT

Many researchers have discussed the importance of approaching the history, philosophy and sociology of science for science education. They have also discussed the different views about doing science that science communication materials can convey. In this context, a bibliographic review was initially undertaken. In this review, certain works published in the area of science education were analyzed. These works describe the application of didactic activities aimed at approaching aspects of the nature of science in basic education. In these works, the following aspects were analyzed: application contexts of activities (school, education level, subjects); didactic goals; types of materials used; strategies used and the contributions of these activities. In this review, the need for studies on resources and strategies that provide students with a more adequate view concerning the practice of science was verified. In this perspective, the purpose of this research is to study the potential of popular science texts (PST) from *Pesquisa FAPESP* magazine as a resource to approach the sociology of science in the classroom. Studies on Bruno Latour's sociology of science were adopted as the theoretical framework. The texts entitled "Como explicar um coração tão dividido" and "Correr faz bem", found in the magazine, were analyzed through the Discursive Textual Analysis method. In the next step of the research, the texts were applied to a first year high school class in a didactic activity. In this activity, the students produced comics based on the reading of the texts. Two comics produced by the students were analyzed through the methodology proposed by the Semiotic Analysis of Images. The popular science texts analyzed evidenced several aspects of the practice of science and those of the scientist's work, such as collective work, peer cooperation, the importance of publications, the art of persuasion, authority argument, among others. It was verified in the comics that many such aspects were given prominence by the student. The data analysis indicated that the texts from *Pesquisa FAPESP* magazine can help students to understand many questions related to the work of science.

Keywords: popular scientific text; sociology of science; *Pesquisa FAPESP* magazine; didactic resource.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ciclo de Credibilidade do pesquisador descrito por Latour e Woolgar (1997, p.225)	44
Figura 4. 1- Recorte de uma HQ produzida por aluno mostrando o título da HQ e, no outro quadro, dois homens conversando no laboratório.	75
Figura 4. 2- Recorte de HQ produzida por um aluno mostrando um homem no laboratório.....	76
Figura 4. 3- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem de jaleco e alguns balões de fala sobre a duração da pesquisa.	76
Figura 4. 4- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem com um texto na mão.	77
Figura 4. 5- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem em um escritório. ..	78
Figura 4. 6- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem pensativo.	79
Figura 4. 7-Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem debruçado sobre uma mesa com papéis.	80
Figura 4. 8- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem de jaleco e uma criança pertos de um laboratório de ciências.....	81
Figura 4. 9- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando várias pessoas no laboratório. ..	82
Figura 4. 10- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo entre camundongos. .	84
Figura 4. 11- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando dois camundongos conversando.	85
Figura 4. 12- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando uma conversa entre dois personagens.	85
Figura 4. 13- Recorte de uma HQ produzida por aluno mostrando uma conversa entre dois personagens.	86
Figura 4. 14- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo.	87
Figura 4. 15- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo entre camundongos. .	88
Figura 4. 16- Recorte de uma HQ produzida por um aluno.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1- Trabalhos publicados nas do ENPEC, os quais apresentam propostas ou estratégias que abordam NdC na sala de aula.....	24
Quadro 3 1- Lista de textos da revista <i>Pesquisa FAPESP</i> selecionada como corpus analítico.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 1 - Quantidade de trabalhos publicados em cada edição do ENPEC a respectiva quantidade de trabalhos que apresentam atividades didáticas sobre NdC aplicadas em sala de aula no EF e EM. 25	25
Tabela 1 2–Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas abordando aspectos da NdC em sala de aula, de acordo com o nível de ensino e as disciplinas nas quais estas foram aplicadas..... 27	27
Tabela 1 3 - Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas em sala de aula, quanto aos aspectos da NdC implementados nas atividades. 28	28
Tabela 1 4- Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas abordando aspectos da NdC em sala de aula, de acordo com os recursos didáticos adotados nessas atividades. 31	31
Tabela 1 5 - Estratégias didáticas encontradas nos trabalhos..... 33	33
Tabela 1 6- Contribuições das atividades implementadas na sala de aula relatadas nos artigos analisados. 36	36

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Considerações iniciais	15
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo geral	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Atividades didáticas para abordagem da natureza da ciência em sala de aula: uma revisão.....	23
2 BRUNO LATOUR E A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA.....	38
3 PERCURSO METODOLÓGICO	49
3.1 Análise de TDC da revista Pesquisa FAPESP	49
3.1.1. A revista <i>Pesquisa FAPESP</i>	49
3.1.2. Seleção dos TDC da revista <i>Pesquisa FAPESP</i>	50
3.1.3 Análise Textual Discursiva	52
3.2 Aplicação de atividade didática para abordagem da sociologia da ciência em sala de aula.....	54
3.2.1. A elaboração de Histórias em Quadrinhos como estratégia didática.....	54
3.2.2. Aplicação da proposta e coleta de dados.....	55
3.2.3 Análise das HQ	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 Análise dos TDC da revista Pesquisa FAPESP	59
4.1.1 Análise do texto “Como explicar um coração tão dividido”.....	59
4.1.2 Análise do texto “Correr Faz bem”	67
4.2 Análises das histórias em quadrinhos (HQ).....	74
4.2.1 Análise da HQ “Os conhecimentos do José Xavier”	74
4.2.2 Análise da HQ “Correr faz bem! ”	83
4.2.3 Relato de uma Aplicação da Sequência Didática	90
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92

6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
	ANEXOS	102

APRESENTAÇÃO

Ao longo de minha carreira, tenho dedicado tempo e relevância aos momentos de organização e seleção de conteúdos de Biologia. Reflexões diárias e planejamentos têm proporcionado crescimento em minha prática docente. A inquietação em querer aprender mais para poder ensinar despertou-me o interesse em fazer um mestrado, com a esperança de, por meio dele, contribuir com a educação científica de meus alunos.

Todo esse interesse começou quando trabalhei um projeto com alunos do 9º ano do ensino fundamental. O projeto, que denominei “Quero ser cientista”, exigiu-me muita leitura e um certo aprofundamento sobre o meio científico. Deparei-me com a necessidade de me capacitar. Acredito que a formação do professor é um processo permanente, indispensável para uma prática pedagógica consolidada numa educação prazerosa e incentivadora, e que um envolvimento com uma percepção de ciência mais adequada pode proporcionar um crescimento profissional e contribuir com a aprendizagem dentro e fora da sala de aula.

Sempre me interessei pelo ensino. Cursei magistério, no qual me dediquei e pude gostar ainda mais da profissão de professor. Ainda no magistério me interessei pelas ciências da natureza, e decidi prestar vestibular para o curso de Ciências Biológicas. Neste curso me aprofundei no campo da Ciência por meio das disciplinas e de estágios supervisionados. Entrei em contato com diversas áreas da Biologia, mas me apaixonei mesmo pelo ensino da Biologia.

Minha trajetória como professora teve início quando ainda fazia o curso de Ciências Biológicas. Logo quando me formei tive a oportunidade de fazer o concurso para professor do Estado de Minas Gerais. Fui aprovada e efetivada na Escola Estadual Maria Lina de Jesus, escola que leciono até hoje e tenho me esforçado para contribuir com a aprendizagem dos nossos alunos.

A minha trajetória no ensino sempre foi regada com muita dedicação e amor. Redigir um pouco dela me faz reviver todas as emoções que pude viver. O desejo de me atualizar me conduziu para a pesquisa, que acredito ser fundamental para um crescimento profissional. Cursar o mestrado e estar em contato com diversos professores excelentes foi um privilégio.

Através desta apresentação busquei mostrar um pouco do meu caminhar como aluna que já fui e que sou, afinal somos eternos aprendizes. A atual pesquisa retrata um cenário do qual faço parte, pois, como professora, percebia que os estudantes nem sempre apresentam uma visão coerente da ciência e do cientista. Essa inquietação levou-me a estudar mais sobre

essa questão e buscar, por meio da pesquisa, algumas possibilidades para a melhoria da educação científica desses estudantes.

Algumas considerações iniciais e justificativas para esta pesquisa estão apresentadas no capítulo de Introdução, seguidas dos resultados de uma revisão bibliográfica na qual mapeamos e analisamos, no contexto nacional, propostas didáticas implementadas em sala de aula no Ensino Fundamental (EF) e no Ensino Médio (EM) para a abordagem de aspectos da natureza da ciência (NdC). Para tal, buscamos identificar trabalhos dessa natureza publicados nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Também nesse capítulo detalhamos os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

O capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico que serviu de base à pesquisa. Nesse capítulo introduzimos aspectos gerais da sociologia da ciência, bem como alguns autores que a defendem. Em seguida apresentamos a sociologia da ciência na perspectiva de Bruno Latour, pautadas sobretudo nas ideias difundidas em duas das suas obras, “A vida de Laboratório” (1997) e “Ciência em Ação” (2000).

No capítulo 3, Percurso Metodológico, descrevemos e fundamentamos as opções e os procedimentos de caráter metodológico. Detalhamos os procedimentos e métodos de análise adotados nas duas etapas centrais desta pesquisa: a etapa de seleção e análise de textos de divulgação científica (TDC) da revista *Pesquisa FAPESP*; e a etapa de aplicação e análise de uma atividade didática em sala de aula mediada pelo uso dos TDC da referida revista.

No capítulo 4, apresentamos alguns resultados e discussões da nossa pesquisa. Apresentamos a análise de dois textos da revista *Pesquisa FAPESP*, na qual buscamos evidenciar alguns aspectos da sociologia da ciência, sob a ótica de Bruno Latour. Ainda, apontamos um olhar para o ensino de ciências, com intuito de discutimos sobre a potencialidade dos textos para a abordagem de questões sobre o fazer ciência em sala de aula, principalmente na Educação Básica. Também, nesse capítulo, analisamos, sob a mesma perspectiva teórica, o material produzido pelos alunos (histórias em quadrinhos) na atividade didática mediada pelo uso do mesmo TDC analisado.

Por fim, apresentamos no capítulo 5 algumas considerações finais do nosso estudo, estabelecidas a partir da análise dos dados, de seu cruzamento com o referencial teórico e das relações desse trabalho com o ensino de ciências. Nessa seção, discutem se também algumas implicações para o ensino de ciências dos resultados obtidos e sugerem se alguns estudos sobre a temática em questão.

1 INTRODUÇÃO

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”. (Leonardo da Vinci)

1.1 Considerações iniciais

O desenvolvimento por parte dos estudantes de concepções adequadas sobre o processo de construção da ciência e o trabalho do cientista tem sido foco de debates entre diversos pesquisadores da área de educação em ciências (OSÓRIO; PECHLIYE, 2011). Tais discussões frequentemente apontam para o fato de que muitos dos alunos de ensino médio apresentam as mesmas concepções sobre natureza da ciência (NdC), em geral, equivocadas no que se refere à prática da ciência e ao trabalho do cientista (CACHAPUZ et al.,2005). Esses estudos, além de revelarem uma série de entendimentos errôneos da atividade científica por parte dos estudantes, chamam a atenção para a necessidade de o professor identificar tais percepções, reconstruindo esses conhecimentos.

Para Silva e Moura (2008), o ensino *de* ciências deve ser acompanhado por um ensino *sobre* ciência, abarcando elementos como: sua relação com a cultura e a sociedade, o caráter mutável das ideias científicas, a humanização dos cientistas, entre outros. Esses aspectos fazem parte do que os filósofos e epistemólogos chamam de natureza da ciência. Segundo Caruso,

O cientista, assim como o velho alquimista, ao mexer com a Natureza tentando compreendê-la e mudá-la, está, antes de mais nada, mudando a si mesmo, crescendo como ser humano. Esse processo contribui para tornar o ser humano mais crítico e mais sonhador e, muitas vezes, importa tanto ou mais do que o próprio resultado alcançado. É esse tipo de processo criativo que prepara o indivíduo para enfrentar os desafios do novo, a não temer o novo. Por que, então, não apresentar a dinâmica desse processo a todo cidadão através do ensino de Ciências? O espírito crítico e o sonho, em suma, são indispensáveis à educação e à cidadania (CARUSO, 2003, p.2,3).

Vale ressaltar que o olhar sobre a natureza da ciência que os alunos trazem para a sala de aula não é desconectado do seu dia-a-dia, de sua construção cultural, social e política. Esse olhar é permeado pelo ambiente em que eles estão vivendo, onde, como e com quem estão tendo relações e adquirindo conhecimento constantemente das mais variadas maneiras.

Portanto, os alunos chegam à sala de ciências com uma bagagem que pode por vezes dificultar a construção do conhecimento científico (SILVA; SANTANA; ARROIO, 2012).

No entanto, é em sala de aula, no bojo das atividades, que os alunos podem se transformar em agentes sociais e históricos, construindo significados e apropriando-se de elementos da linguagem científica e de seus procedimentos, o que lhes dá a oportunidade ímpar de atribuir valor às formas de pensar e agir do cientista. Silva, Santana e Arroio (2012) destacam ainda que “a visão de Ciência dos alunos costuma ser restrita a três focos principais: a sua visão de mundo, a visão que a mídia lhe repassa e a visão que lhe é apresentada em sala de aula” (p.1).

No intuito de enriquecer o debate entre pesquisadores e professores brasileiros interessados no tema natureza da ciência, Justi (2013) fez uma revisão de literatura internacional sobre diversas visões acerca do ensino sobre ciências, caracterizando as principais ideias e críticas com objetivo de dar suporte à identificação de alguns desafios a serem enfrentados pela educação em ciências no país. A autora chama a atenção para o fato de que no Brasil, o ensino sobre ciências, ou de natureza da ciência, ainda não é enfatizado de forma explícita e enfática nos documentos oficiais, como, por exemplo, nas Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) do Ensino Médio e Orientações Curriculares para o Ensino Médio, embora tais documentos mencionem a necessidade de que o ensino não promova “uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isoladas do contexto social, econômico ou político da época” (BRASIL, 2000, p. 96).

Justi (2013) suscita ainda algumas questões que precisam ser debatidas dentro dessa temática, como, por exemplo: “quais aspectos da ciência podem contribuir para que estudantes desenvolvam uma visão ampla de ciências que os capacite a lidar com situações envolvendo ciências presentes em suas vidas? como tais aspectos poderiam ser introduzidos no ensino de ciências nos distintos níveis de escolaridade?” (p.2). Tais questões nos remetem à necessidade de se produzir e/ou analisar estratégias e materiais didáticos para se trabalhar aspectos da natureza da ciência em sala de aula.

Diante dessa perspectiva, alguns pesquisadores consideram que agregar conteúdo de história, filosofia e sociologia da ciência nos currículos escolares pode auxiliar numa melhor compreensão de ciências, propiciando transformações em concepções simplistas sobre a ciência (OKI; MORADILLO, 2008).

Diversos autores convergem nessa direção, defendendo e expondo razões para a presença da história e filosofia da ciência nas salas de aula dos diversos níveis de ensino. Conforme Gil Perez (1993), o uso da história e filosofia da ciência no ensino, paralelo a um trabalho coletivo de inovação e de pesquisa, pode estimular os estudantes na aprendizagem e no interesse para atividade científica. De acordo com Campos (2009), a história da ciência, quando bem utilizada, pode contribuir para que os alunos percebam de que a ciência é um empreendimento coletivo, socialmente análogo a outras atividades humanas, ajudando também a combater uma visão heroica/individualista, muito comum entre os alunos, segundo a qual a ciência é obra de gênios.

A história da ciência permite também combater o cientificismo e o dogmatismo, que é frequente nos textos científicos e nas aulas de ciências. Ao analisar a vida dos cientistas, bem como a época, individualmente, humaniza-se o tratamento, tornando-os menos abstratos e mais atraentes para os estudantes. Além disso, a história da ciência permite instaurar ligações entre as diversas disciplinas científicas e integrando e mostrando a interdependência dos saberes nas realizações da humanidade (CAMPOS, 2009).

Além dos materiais de história da ciência, outros recursos têm sido produzidos pela comunidade acadêmica com a finalidade de abordar aspectos da natureza da ciência. Em recente publicação, Alonso, Mas e Bonnin (2013) apresentam os resultados de um trabalho que teve como objetivo analisar materiais didáticos para o ensino de natureza da ciência, apresentando um abundante inventário para ser utilizado em sala de aula. Para tal, as autoras localizam, identificaram e selecionaram os diferentes materiais com base em sua abordagem: histórica, filosófica ou sociológica. Segundo elas, os professores precisam ter materiais eficazes para se discutir questões sobre natureza da ciência e não se ater apenas aos conteúdos dos livros didáticos, os quais raramente apresentam esse tipo de abordagem ou a abordam de forma a promover visões inadequadas sobre o processo de construção do conhecimento científico.

Cabe lembrar que, além do livro didático, a intervenção de diferentes mídias (jornais, revistas, internet, entre outras) também pode influenciar a maneira como as pessoas, de um modo geral, incluindo os estudantes, constroem a imagem acerca da ciência e do trabalho do cientista. Nesse contexto, a divulgação científica se apresenta como instrumento de disseminação de ideias de ciência e sobre ciência.

Classicamente, a divulgação científica tem como uma das funções popularizar o acesso ao conhecimento científico, estabelecendo condições para a chamada alfabetização científica. Portanto, contribui para incluir os cidadãos no debate sobre temas especializados

que impactam sua vida e seu trabalho, a exemplo de transgênicos, células tronco, mudanças climáticas, energias renováveis e outros itens (BUENO, 2010).

Devido a sua importância, tanto no contexto escolar, como por ser instrumento de cidadania, a divulgação científica, de acordo com Carvalho e Gonzaga (2013), tem sido alvo de vários estudos e discussões teóricas, os quais buscam uma melhoria da qualidade desse tipo de veículo de comunicação. Ferreira e Queiroz (2012) levantaram um considerável número de trabalhos que analisaram diversos tipos de textos de divulgação científica com o objetivo de tecer direcionamentos quanto ao seu uso no contexto escolar. Esses trabalhos, em geral, buscavam estudar diversos aspectos relacionados ao conteúdo e forma de apresentação do conhecimento científico, bem como características da linguagem empregadas pelos autores de tais textos. Poucos foram os trabalhos que analisaram aspecto da natureza da ciência nos textos de divulgação científica.

A fim de investigar aspectos da contribuição da divulgação científica em situações de ensino, Rocha (2012) fez um levantamento de aspectos gerais do uso didático de textos de divulgação e casos de experiências dos professores do ensino fundamental. Os professores foram questionados sobre aspectos gerais do uso do texto de divulgação como hábitos e práticas de leitura, as vantagens do uso dos textos de divulgação e os critérios para a seleção desse material. O autor constatou que a utilização de textos de divulgação científica proporciona contextualização do conteúdo curricular, possibilita trabalhar temas atuais e aumenta a interação entre o aluno e a informação científica. De acordo com o autor, “o texto de divulgação científica se torna um material interessante, rico e sintonizado com o cotidiano quando passa a constituir a “ponte” entre os conteúdos curriculares e o mundo do aluno, fazendo conexão entre o que se aprende na escola e o que está fora dela” (ROCHA, 2012, p.4).

No entanto, conforme já ressaltamos, apesar de suas ricas potencialidades, é necessário analisar-se também as visões de natureza da ciência veiculadas nos materiais de divulgação científica. Dentro dessa perspectiva, podemos apontar o estudo de Urias e Assis (2012), que, preocupados com a possibilidade de influência de materiais de divulgação científica sobre as pessoas, analisaram e compararam duas biografias do físico Albert Einstein. A primeira, escrita por Mike Goldsmith (2002) com o título *Albert Einstein e seu universo inflável*, e a segunda, escrita por Walter Isaacson (2007) com o título *Einstein: sua vida, seu universo*. A primeira biografia retrata Einstein como gênio, autor de várias teorias e com incrível inteligência. Essa perspectiva amplifica a visão popular da ciência e do cientista. Já a segunda detalha mais a vida do físico, baseada em cartas pessoais, diários e escritos do

cientista. Desta forma, mostra um Einstein mais associado a ideias de outros pesquisadores, influenciado por outros cientistas (URIAS; ASSIS,2012).

Martins, Nascimento e Abreu (2004) analisaram uma aula de biologia com o tema clonagem. Nessa aula foram utilizados diferentes tipos de texto (jornalístico, divulgação e didático) sendo: “uma reportagem da revista *Superinteressante* que tratava da questão da clonagem da ovelha Dolly realizada em 1997, uma reportagem do *Jornal Extra* (jornal carioca de grande circulação) que noticiava o lançamento de um concurso para escolher clones dos integrantes do programa de televisão *Casseta e Planeta* e um esquema de célula animal extraído de um livro didático” (p.99). De acordo com os autores, os textos de divulgação podem funcionar como elementos motivadores ou estruturadores da aula; organizadores de explicações; desencadeadores de debate e; contextos para a aquisição de novas práticas de leitura, estabelecendo relações com o cotidiano dos alunos, ampliando seu universo discursivo, e permitindo ressaltar aspectos da natureza da prática científica.

Fatareli et al (2015) apresentam um mapeamento de textos de divulgação científica, objetivando contribuir para o planejamento de debates em sala de aula. O mapeamento teve como base as ideias de Ferreira e Queiroz (2012), que permite a análise da potencialidade didática dos textos de divulgação científica quanto ao conteúdo e à forma; e de Piassi e Pietrocola (2007), que permitem a identificação de elementos contraditórios e controversos neles presentes. Como exemplo, foi selecionado um texto da revista *Ciência Hoje*. Com intuito de verificar se o texto pode auxiliar o professor em algumas ações em sala de aula, analisaram primeiramente seu conteúdo geral e posteriormente, numa análise mais específica, se o conteúdo geral abarcava algumas perspectivas, como por exemplo se a temática tem relação com o conteúdo específico, se as características da atividade científica são identificadas – como procedimentos, elaborações, produções, análises de dados e dos resultados, da ciência como instituição, relações entre os processos da ciência e seus produtos etc. – e outros aspectos implícitos como características pessoais do cientista e quebra de paradigmas. Apartir da segunda análise, foi possível identificar pontos controversos no texto por meio do desvendamento de elementos essenciais que constituem a polêmica em questão como a disputa, o fato, o anseio ou o receio. Assim, conforme os autores “foi possível verificar a adequação do texto para abordagem de conteúdos relacionados à química biológica e para a discussão de aspectos concernentes à natureza da ciência como o caráter provisório de seus resultados” (p.17). E destacam que muitos almejam “a inserção de discussões desse teor na educação científica”, pois estão preocupados com a formação de cidadãos mais participativos na sociedade. (FATARELI et al, 2015).

Tais exemplos nos apontam para a importância de trabalhos que busquem também analisar as questões relacionadas à natureza da ciência veiculadas nos diferentes materiais de divulgação científica, como, por exemplo, os textos de divulgação científica, uma vez que tais materiais também exercem considerável influência nas concepções que os alunos e a sociedade em geral têm sobre o fazer ciência.

É dentro desse contexto que esta pesquisa se insere. Nela, lançamos inicialmente o olhar sobre um material de divulgação científica no intuito de investigar que aspectos da prática da ciência possam ser veiculados em seus textos e, com isso, discutir sobre sua utilização no contexto da educação em ciências.

Escolhemos como material para este estudo a revista *Pesquisa FAPESP*, a qual tem como objetivo básico “difundir e valorizar os resultados da produção científica e tecnológica brasileira” (FAPESP, 2014). A revista *Pesquisa FAPESP* é direcionada principalmente para pesquisadores e escrita por jornalistas (DIAS; ALMEIDA, 2010). Apresenta uma diversidade de temas em voga no campo científico e divulga os trabalhos financiados pela FAPESP (OCÁRIZ, 2012). A revista “procura, por meio exclusivamente de reportagens, fazer o discurso jornalístico predominar sobre o científico, mantendo uma linguagem se não acessível ao público jovem, mas pelo menos ao público adulto em geral, particularmente o universitário e pesquisador”. (GONÇALVES, 2013, p.223).

Poucos trabalhos na área de ensino de ciências têm analisado os textos da referida revista. Na revisão feita por Ferreira e Queiroz (2012), as autoras identificaram um trabalho apenas abrangendo a *Pesquisa FAPESP*. O trabalho investigado destacou que a revista mobiliza recursos apoiados em argumentos científicos e na relevância social dos temas das reportagens.

Oliveira (2013) fez um estudo preliminar com artigos de divulgação científica da revista *Pesquisa FAPESP* no intuito de verificar quais características do fazer científico são reveladas na referida revista. A autora cogita que os artigos da revista *Pesquisa FAPESP* possam ser utilizados em discussões sobre aspectos da prática científica, inclusive aspectos da sociologia da ciência. Conforme a autora, os artigos revelaram diversos aspectos da prática da ciência e, portanto, acredita-se que a revista *Pesquisa FAPESP* possa ser um instrumento bastante útil para a compreensão da produção científica.

Inserida em um projeto maior, Ocáriz (2012), procurou discutir a função educativa desempenhada por essa revista e a possibilidade de atingir um público maior. A autora buscou, por meio da análise de conteúdo, verificar se a referida revista exerce função educativa a um público não especializado e investigar trabalhos sobre saúde e se os mesmos chegam ao leitor de maneira mais significativa. Outro trabalho também envolvendo a

Pesquisa FAPESP é o de Dias e Almeida (2010), que buscaram investigar que sentido era atribuído por licenciandos de Física à leitura de textos de divulgação científica publicados na revista *Ciência Hoje* e na revista *Pesquisa FAPESP*.

Vale ressaltar que essa revista apresenta reportagens que relatam resultados de pesquisa em diversas áreas do conhecimento e que usualmente vêm acompanhadas de informações como os nomes das instituições, pesquisadores, empresas e órgãos financiadores envolvidos na pesquisa, destacam suas aplicações tecnológicas, benefícios sociais, mencionam os custos das pesquisas e perspectivas de desenvolvimento do país a partir do estudo, relatam algumas publicações em revistas científicas conceituadas na área etc. Acreditamos que esse repertório de informações possibilita ao leitor reconhecer diversas questões que permeiam a prática da ciência, bem como suas relações com as esferas sociais, políticas e econômicas.

Nesse sentido e pensando na imersão da prática científica no contexto escolar, por meio de texto de divulgação científica, apresentamos nessa dissertação um estudo sobre as potencialidades de textos da revista *Pesquisa FAPESP* como recurso para a abordagem de aspectos da sociologia da ciência em sala de aula de ciências. Para tal, selecionamos e analisamos alguns textos da referida revista, sob a ótica da sociologia da ciência de Bruno Latour, e aplicamos os mesmos textos em uma atividade didática realizada em turmas do Ensino médio.

Conforme citado, pautamos nosso estudo sob a perspectiva da sociologia da ciência de Bruno Latour, pois compreendemos, assim como apontam Vianna e Carvalho (2001), que os estudos de Latour possibilitam o entendimento de como os cientistas agem e como produzem o conhecimento, favorecendo uma análise crítica de questões como: a dinâmica da construção social da ciência e da tecnologia, o cotidiano dos cientistas dentro e fora do laboratório, as relações entre o laboratório “fechado” e a comunidade “aberta” ao seu redor, o jogo de interesses políticos, o financiamento das pesquisas, dentre muitos outros aspectos usualmente distantes dos manuais escolares e do que muitas atividades de divulgação científica se propõem a apresentar.

Cabe mencionar que adotamos como referencial teórico duas das principais obras do autor: “A Vida de Laboratório: a construção social dos fatos científicos” (LATOURE, WOOLGAR, 1997), livro publicado em parceria com Steve Woolgar e que teve grande impacto no estabelecimento da sociologia do conhecimento científico nos estudos sociais da ciência e da tecnologia (TORRES, 2013); e “Ciência em Ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora” (LATOURE, 2000), obra na qual Latour faz uma investigação da

retórica científica, da utilização de equipamentos laboratoriais, dos elementos textuais nos artigos científicos, propõe a teoria de ator-rede e sobre os diversos atores atuantes na produção científica (TORRES, 2013).

No tópico a seguir, detalhamos as questões de pesquisa, bem como os objetivos gerais e específicos delineados para nosso estudo.

1.2 Objetivos

Considerando a importância de o ensino de ciências contemplar aspectos *sobre* ciência e não somente seus produtos, bem como a necessidade de produzir e/ou investigar materiais e estratégias didáticas que possam ser empregados nessa perspectiva, nesta pesquisa lançamos o olhar sobre textos de divulgação científica da revista *Pesquisa FAPESP* no intuito de respondermos ao seguinte questionamento: os textos da referida revista têm potencial como recurso didático capaz de contribuir para a abordagem de aspectos da prática da ciência? Para respondermos a esta questão, elencamos alguns objetivos de pesquisa, conforme descrito a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

- Analisar as potencialidades de textos da seção ciência da revista *Pesquisa FAPESP* como recurso para a abordagem de aspectos da sociologia da ciência em sala de aula de ciências.

Para atingir este objetivo mais amplo, delineamos os seguintes objetivos específicos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Selecionar e analisar textos da revista *Pesquisa FAPESP* no intuito de investigar, sob a perspectiva da sociologia da ciência de Bruno Latour, que práticas da ciência estão expressas nos textos da referida revista;
- Discutir as possíveis contribuições desses textos para o ensino *sobre* ciência;
- Elaborar e aplicar uma atividade didática pautada no uso de TDC da revista *Pesquisa FAPESP*;
- Analisar as concepções dos alunos sobre o fazer ciência desenvolvidas no contexto de uma atividade didática envolvendo o uso de TDC da referida revista.

Essa pesquisa nos possibilitou elaborar, como Produto Final, uma sequência didática que tem o intuito de contribuir com professores da educação básica no ensino da ciência, fornecendo-lhes um caminho possível para abordar questões relativas à prática de ciência em sala de aula, amenizando as visões mitificadas dos estudantes em relação à ciência e ao cientista.

Considerando o foco de estudo dessa pesquisa – as questões relativas à sociologia da ciência em um material de divulgação científica – e o fato de que objetivamos uma aplicação de atividade didática que abordasse tais questões em sala de aula, procuramos inicialmente conhecer algumas propostas de atividades didáticas reportadas na literatura que tivessem como objetivo a abordagem de aspectos da natureza da ciência em turmas do ensino médio e fundamental. Os caminhos percorridos e resultados desse levantamento estão expressos no tópico a seguir.

1.3 Atividades didáticas para abordagem da natureza da ciência em sala de aula: uma revisão

Considerando a importância dos debates acerca da abordagem da NdC na educação científica e a necessidade de se conhecer as ações que efetivamente têm sido aplicadas no contexto escolar dentro dessa perspectiva, realizamos um levantamento bibliográfico com o intuito de mapear e analisar, no contexto nacional, propostas didáticas implementadas em sala de aula no Ensino Fundamental (EF) e no Ensino Médio (EM) para a abordagem de aspectos da NdC. Para tal, buscamos identificar trabalhos dessa natureza publicados nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

Escolhemos o ENPEC por ser o principal evento de disseminação e divulgação de pesquisas na área de ciências no país, enquadrando-se perfeitamente aos nossos objetivos. O ENPEC é realizado a cada dois anos desde de 1997. O levantamento foi realizado em todos os encontros: I ENPEC – 1997 (Águas de Lindóia, SP), II ENPEC – 1999 (Valinhos, SP), III ENPEC – 2001 (Atibaia, SP), IV ENPEC – 2003 (Bauru, SP), V ENPEC – 2005 (Bauru, SP), VI ENPEC - 2007 (Florianópolis, SC), VII ENPEC – 2009 (Florianópolis, SC), VIII ENPEC – 2011 (Campinas, SP) e XI ENPEC – 2013 (Águas de Lindóia, SP).

Para seleção dos trabalhos estabelecemos os seguintes critérios: deveriam ser completos; apresentar atividades didáticas aplicadas em sala voltadas à abordagem de aspectos sobre NdC; as atividades deveriam ser aplicadas no Ensino Fundamental ou Médio; os trabalhos deveriam estar disponíveis on-line nos sites dos eventos.

Os trabalhos foram levantados por meio de palavras identificadoras em seus títulos e/ou resumos que remetem a abordagem de NdC em sala de aula, tais como: estratégias ou atividades didáticas sobre NdC em sala de aula, natureza da ciência, história da ciência, filosofia da ciência, sociologia da ciência, epistemologia, visões de ciência, imagem da ciência, concepções de ciência. Foi a partir dessas palavras que os trabalhos foram prioritariamente selecionados, sendo que algumas vezes tais palavras não apareciam no título do trabalho, mas constavam em seus resumos.

Os trabalhos selecionados por meio desses critérios foram lidos na íntegra e em seguida identificamos aquelas publicações que apresentavam atividades didáticas abordando aspectos da NdC na sala de aula no EF/EM, as quais estão listadas no Quadro 1.1.

Quadro 1.1- Trabalhos publicados nas do ENPEC, os quais apresentam propostas ou estratégias que abordam NdC na sala de aula.

Número do trabalho	ENPEC	Autores e ano e ano de publicação	Título do trabalho
1	VIII	Kringer, Teixeira e Aires, 2011	A tabela periódica a partir da abordagem histórica e filosófica da ciência: análise de uma proposta didática.
2	VIII	Peron, Guerra e Forato, 2011	Contextualizando Galileu: um possível caminho para abordar Natureza da ciência em sala de aula.
3	VIII	Oliveira, Chinelli e Coutinho, 2011	Uma introdução à História e Filosofia das Ciências no ensino fundamental: reflexões sobre uma prática pedagógica.
4	VIII	Santos e Scheid, 2011	História da ciência na Educação Básica: contribuições do cinema.
5	IX	Jesus e Pacca, 2013	A construção do Sistema circulatório na História e na sala de aula.
6	IX	Mello, Fuiza e Guerra, 2013	O uso de imagens como um caminho capaz de problematizar questões a respeito da Natureza da Ciência em torno ao tema Energia Nuclear.
7	IX	Gurgel, Bagdonas, Velasquez, Fabrício e Noronha, 2013	O ensino sobre Natureza da Ciência através de tópicos de Cosmologia: análise de uma proposta didática utilizando jogos.
8	IX	Cabral e Maciel, 2013	Ensino e Aprendizagem da Natureza da Ciência e da tecnologia (EANCyT) em sistemas de classificação biológica

Analisamos cada um desses trabalhos buscando identificar e discutir os seguintes aspectos:

- ✓ Quais os contextos de aplicação das atividades: em quais disciplinas e em que nível de ensino?
- ✓ Quais os aspectos da NdC foram abordados nas atividades?
- ✓ Quais os recursos didáticos usados (que revistas, jornais, livros, vídeos etc.) para tais atividades?
- ✓ Quais as estratégias didáticas (leitura, debate) usadas pelos autores na realização das atividades?
- ✓ Quais as principais contribuições de tais atividades para os alunos?

Na Tabela 1.1 encontra-se o total de trabalhos publicados nos ENPECs, desde o primeiro ao nono encontro, bem como a quantidade de trabalhos selecionados para essa revisão em cada um dos eventos. É possível observar que nos I, II, IV e V encontros não localizamos trabalhos que se encaixassem no objetivo dessa revisão. Encontramos em maior número nos dois últimos ENPECs. De acordo com esses dados, podemos dizer que a quantidade de pesquisas tratando dessa temática específica foi baixa ou nula nos primeiros eventos, passando a ter um número mais expressivo nos dois últimos eventos, indicando um maior interesse dos pesquisadores na área de ensino de ciências em abordar as questões relativas à NdC diretamente no contexto escolar.

Tabela 1 1 - Quantidade de trabalhos publicados em cada edição do ENPEC a respectiva quantidade de trabalhos que apresentam atividades didáticas sobre NdC aplicadas em sala de aula no EF e EM.

ENPEC	Total de trabalhos completos publicados – sessão oral*	Total de trabalhos que apresentam atividades didáticas sobre NdC aplicadas na sala de aula.
I	57	00
II	106	00
III	124	00
IV	192	00
V	378	00
VI	405	00
VII	425	00
VIII	1009	04
IX	922	04
Total	3618	8

*Informação obtida no site da ABRAPEC, <http://www.abrapec.ufsc.br/atas-dos-enpecs/>.

Cabe ainda destacar que esse pequeno número de trabalhos localizados em um dos maiores eventos da área de ensino de ciências no Brasil não significa que as questões relativas à natureza da ciência não sejam focos de interesse dos pesquisadores. Estudos de outra natureza dentro da linha filosofia e sociologia da ciência são geralmente mais apresentados nos ENPECs. Observamos, quando da primeira fase dessa revisão, a partir da leitura dos resumos, que várias pesquisas foram realizadas no sentido de estudar as visões e concepções sobre NdC de estudantes; outras são dedicadas a analisar concepções de professores ou discutir algumas propostas para uma formação docente que contemple aspectos sobre a NdC (JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2009). Há também alguns trabalhos que investigam propostas e/ou materiais didáticos potencialmente úteis para abordagem da NdC, porém não foram aplicados em sala de aula na educação básica (SCHEID, DELIZOICOV; FERRARI, 2003). Outros estudos abarcam ainda a análise da filosofia e a história da ciência nos livros didáticos (FARIA, MORAES; BARRIO, 2009).

Possivelmente, como fruto de trabalhos como aqueles citados no parágrafo anterior, os quais evidenciaram lacunas e possibilidades de ações no que diz respeito à abordagem de aspecto da NdC na educação básica, algumas atividades didáticas foram propostas e aplicadas em sala de aula, como aquelas publicadas nos últimos ENPEC.

A seguir apresentamos o estudo mais detalhado dessas atividades.

1.3.1 Contexto de aplicação das atividades

Quanto ao contexto da aplicação das atividades, verificamos que, dentre os oito trabalhos localizados, sete reportavam atividades aplicadas em escolas públicas. Apenas o trabalho número 2 não especifica essa questão.

Na Tabela 1.2 apresentamos o nível de ensino e as respectivas disciplinas nas quais os trabalhos foram aplicados. Nessa tabela, assim como nas demais apresentadas nesta revisão bibliográfica, apresentamos os respectivos números dos trabalhos correspondentes a cada item analisado.

Identificamos trabalhos tanto no EF quanto EM, sendo a maioria aplicado no EF, mais especificamente na disciplina de Ciências. Dentre aqueles desenvolvidos no EM, quando explicitados, um foi realizado em aulas de Química e dois em aulas de Física.

Tabela 1 2–Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas abordando aspectos da NdC em sala de aula, de acordo com o nível de ensino e as disciplinas nas quais estas foram aplicadas.

Nível de ensino	Disciplina	Número dos artigos
Ensino Fundamental	Ciências	3, 5, 7, 8.
	Química	1
Ensino Médio	Física	2, 6.
	Não consta	4

É notória a importância que a abordagem sobre NdC tem nas disciplinas da área de ciências da natureza, seja no ensino fundamental ou no ensino médio. Tais perspectivas sobre a NdC já aparecem em diversos documentos oficiais brasileiros. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino Médio (PCNEM), encontramos passagens que direcionam a compreensão de abordagens dessa natureza. A preocupação com um ensino que direcione os estudantes a uma formação científica é identificada, por exemplo, no texto dos PCNs referente aos conhecimentos de Biologia. O referido documento ressalta que

elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico (BRASIL, 2000, p.14).

Portanto, a inserção de discussões sobre NdC no ensino, sendo EF ou EM, contribui no processo de aprendizagem. Também vale ressaltar a importância de atividades didáticas que abordam aspectos da NdC desde o EF, conforme ressaltam os Parâmetros Curriculares nacionais (PCNs) para o Ensino Fundamental:

Neste ciclo é interessante a abordagem de aspectos da história das Ciências e história das invenções tendo em perspectiva, por um lado, oferecer informações e condições de debate sobre relações entre Ciência, tecnologia e sociedade e, por outro, chamar a atenção para características que constituem a natureza das Ciências que os próprios alunos estão vivenciando em atividades de ensino (BRASIL, 1998, p.60).

A compreensão da ciência é fundamental na interpretação do mundo e para melhorar a qualidade de vida. De igual importância, o ensino e a divulgação das disciplinas científicas devem considerar a perspectiva cultural da ciência, influenciando a participação na produção e na recepção, não somente da cultura hegemônica, mas de diferentes manifestações culturais. Assim, faz-se necessária uma articulação entre políticas de ciência e tecnologia, de educação e

de cultura para enfrentar o desafio de expandir a alfabetização científica dos estudantes. (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007)

1.3.2 Aspectos sobre NdC abordados nas atividades

Procuramos analisar os artigos quanto aos aspectos sobre NdC abordados nas atividades didáticas e como os mesmos contribuem na compreensão dos temas estudados, possibilitando uma formação mais crítica e pensante do estudante. Identificamos diversos aspectos sobre NdC colocados em foco no contexto das atividades analisadas, tais como: construção da ciência; visões sobre ciência e sobre cientista; experimentação na ciência; contexto histórico-social da ciência; paradigmas e rupturas na ciência; concepções sobre método científico; comunidade científica; modelos na ciência; observação científica; papel da mulher na ciência. Na Tabela 1.3 listamos os aspectos relativos à NdC mais abordados nas atividades. Vale destacar que alguns autores apontam mais de um aspecto abordado na atividade didática relatada.

Tabela 1 3 - Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas em sala de aula, quanto aos aspectos da NdC implementados nas atividades.

Aspectos sobre NdC abordados	Nº do trabalho
Processo de construção da ciência	1,2,3,4,7, 8
Visões sobre ciência e sobre cientista	1, 2,3,4, 5, 6, 8
Experimentação na ciência	2
Contexto histórico-social da ciência	1, 6, 7
Paradigmas e rupturas na ciência	3
Concepções sobre método científico	1, 3
Comunidade científica.	3, 7
Modelos na ciência	3, 5
Observação científica	3
Papel da mulher na ciência	4

Alguns dos aspectos aparecem em quase todos os trabalhos, como *construção da ciência e visão sobre ciência e cientista*. Acreditamos que a presença dos mesmos consolida a

preocupação dos diversos pesquisadores na formação científica dos estudantes. Peron, Guerra e Forato (2011) destacam que, com o desenvolvimento de conceitos de NdC, os estudantes associam a ciência e seu processo de construção com aspectos econômicos, sociais e culturais de sua época.

“O que é Ciência? Como a Ciência é feita? Para que é feita?” – Tais perguntas aparecem no trabalho de Oliveira, Chinelli e Coutinho (2011) com intuito de identificar as diversas concepções dos alunos relacionadas à NdC e usá-las como elemento para discussões nas atividades aplicadas.

As discussões relativas às *visões sobre ciência e sobre cientista* também aparecem em quase todos os trabalhos, mesmo que implicitamente, sendo visível que de alguma forma os pesquisadores enfatizam a busca pela desmistificação da ciência. Ainda considerando o referido aspecto, Santos e Scheid (2011) apresentam discussões que expressam concepções de alunos em relação à ciência, da postura dos cientistas e da construção do conhecimento científico. Assim, com intuito de amenizar visões distorcidas dos estudantes, os autores abordaram aspectos da NdC em filmes.

Vale ressaltar a relação apresentada entre o estudo sobre NdC e o conteúdo específico nas pesquisas. Mesmo implicitamente, os autores fazem uso dos aspectos da NdC e referenciam que os mesmos estão sendo utilizados para contribuir na aprendizagem da disciplina. No entanto, nem sempre é fácil envolver assuntos dessa natureza ao conteúdo das disciplinas. Nesse sentido, a contextualização dos conteúdos permite, por meio de discussões, ressaltar as diferentes perspectivas e pressupostos implícitos da ciência, de maneira que leve a compreensão da sua natureza (SANTOS; SCHEID, 2011). Pensando nesses desafios, Cachapuz et al (2005, p.39) nos falam que “somos conscientes da dificuldade que implica falar de uma imagem correta da atividade científica, que parece sugerir a existência de um suposto método universal, de um modelo único de desenvolvimento científico”.

Acreditando na superação dessas dificuldades e buscando promover novos caminhos aos alunos, que os direcionam a uma formação mais atuante e integrada à sociedade, culturalmente e tecnologicamente, Peron, Guerra e Forato (2011) desenvolveram uma proposta para o ensino de Física, para o primeiro ano do Ensino Médio com tema o estudo do movimento. Fizeram uso de episódios históricos envolvendo conceitos de espaço e tempo, com intuito de estudar a Teoria da Relatividade. Na busca de eficiência na proposta quanto ao conteúdo curricular e ao tempo despendido, introduziram conteúdos metacientíficos, inserindo a história e filosofia da ciência no estudo de Queda Livre. Com a introdução da NdC no estudo do movimento e, a partir de concepções dos alunos, os autores exploraram vários

aspectos como *experimentação da ciência*, quando destacam “Galileu em muitas de suas demonstrações valia-se de experiências mentais, ou seja, sem a construção de aparatos para realização de práticas experimentais. ” No entanto, “isso não significou que o fazer experimental esteve divorciado de seu fazer científico”.

O *contexto histórico-social da ciência* também é um aspecto explorado por diversos pesquisadores nas atividades didáticas. Dentre eles destacamos, Gurgel et al (2013) que trazem uma proposta para ensinar cosmologia a partir de um jogo, visando contribuir para que os alunos compreendam as formas como a ciência se relaciona com seu *contexto histórico-social*. A proposta gerou reflexões e discussões sobre possíveis relações entre a história política mundial e o desenvolvimento da cosmologia relativística. Os autores apresentam vários objetivos para os estudantes, dentre eles destacamos: “perceber tanto a importância das observações astronômicas para a decisão de qual seria o melhor modelo cosmológico, quanto algumas influências humanas sobre a atividade científica, nas relações de poder entre cientistas, disputas de prioridade e na avaliação dos resultados obtidos” (GURGEL et al., 2013, p.6). Na análise, os autores mencionam que além do desenvolvimento científico, o aspecto enfatizado proporcionou o contato com acontecimentos sociais, artísticos e outros, permitindo que os alunos percebam a relação da ciência com sua época.

Alguns aspectos relacionados ao processo de construção da ciência, como os *paradigmas e rupturas na ciência*, são apresentados por Oliveira, Chinelli e Coutinho (2011) num estudo introdutório à história da ciência. Em um primeiro momento, foi falado de Revolução copernicana, exemplo para se discutir que as rupturas podem ocorrer e novos paradigmas podem surgir. Os autores aproveitaram esse momento para discutir com os alunos concepções de verdades científicas e de uma ciência produtora de fatos.

Outro aspecto abordado na investigação foi *observação científica*. Conforme Oliveira, Chinelli e Coutinho (2011), muitos estudantes dão ênfase à ciência feita por meio da observação, como se não existissem teoria prévias. Aplicando uma proposta com o uso de imagens e, a partir de discussões sobre observação neutra e observação apoiada em reflexões teóricas, foi possível detectar compreensões dos alunos quanto aos conceitos em comentários como, por exemplo, “às vezes enxergamos aquilo que nós queremos”. Vale destacar o paralelo que fazem com o texto trabalhado com os dias de hoje, instigando uma criticidade dos alunos em relação à imagem de uma ciência individualista. Além disso, a partir dessa discussão, levaram os estudantes a compreender o papel da *comunidade científica* na construção do conhecimento.

Santos e Scheid (2011) abordam ainda o *papel da mulher na ciência* em atividades nas quais, por meio de filmes, os alunos analisaram o preconceito da sociedade com relação ao trabalho da mulher no contexto científico. O trabalho levou os alunos a refletirem sobre a luta que as mulheres da época em questão enfrentaram em relação ao preconceito e à discriminação da academia, para que aceitassem suas pesquisas, sendo muitas vezes submetidas a condições impróprias para conquistarem um lugar em alguma área.

1.3.3 Recursos didáticos

Analizamos também nos artigos selecionados os principais recursos didáticos utilizados no sentido de facilitar a compreensão sobre NdC dos estudantes. Os recursos didáticos identificados foram: textos históricos originais; textos do livro didático; textos com análise de filmes; multimídias; filmes; questionários como COCTS (Cuestionario de Opiniones sobre La Ciencia, la Tecnologia y La Sociedad) e VNOS-C (Viewsofthe Nature of Science, Form - C). Na tabela 1.4 apontamos os recursos didáticos utilizados e os respectivos trabalhos nos quais eles foram adotados.

Tabela 1 4- Distribuição dos trabalhos que reportam atividades didáticas abordando aspectos da NdC em sala de aula, de acordo com os recursos didáticos adotados nessas atividades.

RECURSOS DIDÁTICOS	Nº DE ARTIGOS
Textos históricos originais	1, 2, 5
Textos do livro didático	3
Textos com análise de filmes	4
Multimídias	2
Filmes	2, 4, 7
Imagens	6
Questionários COCTS e VNOS-C	8

Buscando ultrapassar e superar algumas das dificuldades deixadas pelo ensino tradicional, diversos pesquisadores em ensino vêm cada vez mais explorando novos recursos para auxiliar e contribuir com o professor nos processos de ensino e de aprendizagem dos alunos. Por meio do uso de recursos didático-pedagógicos, pretende-se preencher algumas dessas lacunas, além de expor o conteúdo de uma forma diferenciada, tornando os alunos participantes do processo de aprendizagem (CASTOLDI; POLINASKI, 2009).

Os dados explicitados na tabela 2.4 demonstram uma grande tentativa para aproximar os estudantes dos textos históricos originais. O trabalho com textos históricos

apresenta, dentre outras finalidades, o objetivo de aproximar os alunos de atividades de investigação, nas quais são propostos momentos de discussão, argumentação e outros (SILVA, 2010).

A utilização de *textos históricos originais* é bastante considerada pelos pesquisadores, mesmo porque nem todos os livros didáticos estão interessados em expor a evolução das ideias, tal como ocorreram na História das Ciências. Esse recurso traz contribuições relevantes para uma educação científica de qualidade, proporcionando um contato mais próximo com as ideias de cientistas que participaram da construção de novos conhecimentos (CAMPOS, 2011). Nesse sentido, os textos históricos podem ser uma boa alternativa para sala de aula.

Alunos se reconhecem, quando entram em contato com ideias dos pensadores trabalhados e, conseqüentemente, são motivados a aprender sobre o assunto abordado. É assim, uma das maneiras que Jesus e Pacca (2013) arrematam a investigação nas quais foram usados em sala de aula *textos históricos* utilizados na proposta da construção do sistema circulatório na história. Os textos escolhidos, de Hipócrates, Aristóteles e Galeno, permitiram discussões sobre uma época, suas transformações e conflitos, conduzindo ao modelo mais atual de Harvey. Em consenso, Peron, Guerra e Forato (2003) investigaram o quanto a presença de uma abordagem histórica- filosófica pode gerar mudanças acerca de concepções de NdC de estudantes. A pesquisa envolveu textos originais de Galileu Galilei, abordando conteúdo como queda livre e promovendo leituras e discussões em classe. A utilização de textos históricos é ressaltada pelos autores como uma grande contribuição para se discutir de forma concreta aspectos de NdC.

Outros tipos de os textos também foram bastante explorados nas mais diversas formas possíveis. Santos e Scheid (2011), antes de cada sessão de filmes selecionados para a atividade, apresentavam um *texto com análise do filme* de forma a orientar as discussões sobre o mesmo.

Os filmes também foram um recurso utilizado com relativa frequência nas atividades analisadas. Ainda conforme Santos e Scheid (2011), o uso do cinema gera tanto reflexões na sala de aula como há inúmeras possibilidades para criar e produzir o saber. Os filmes escolhidos para a atividade proposta pelas autoras foram de três gêneros: Filmes biográficos (“A vida de Louis Pasteur”, EUA - 1933, e “Madame Curie”, EUA - 1943); Dramas fundamentados em casos reais (“E a vida continua”, EUA-1993, e “Óleo de Lorenzo”, EUA-1992) e Ficção científica (“Contato”, EUA-1997 e “Greystoke, a lenda de Tarzan”, EUA-1983). As autoras buscaram por meio dos filmes um potencial para problematizar as

concepções de NdC apresentadas pelos estudantes. Elas destacam que a maioria dos alunos são impactados ao assistirem filmes, que de alguma maneira recebem mensagens implícitas que reforçam ou formam conceitos. O estudo conclui que há possibilidade da utilização do cinema para problematizar concepções de ciência, sobre imagem do cientista e sobre o processo de construção do conhecimento. No entanto, alertam que o papel do professor no uso desse recurso é fundamental para direcionar a uma adequada compreensão da NdC.

1.3.4 Estratégias didáticas adotadas nas atividades

Nos trabalhos analisados identificamos também diversas estratégias didáticas com intuito de aperfeiçoar as habilidades e competências dos alunos. São elas: aulas expositivas, leituras, jogos didáticos, debates, trabalhos em grupo, júris simulados, linhas de tempo, aplicação de questionários sobre os assuntos estudados, análises de imagens, confecções de textos, atividades práticas. Na tabela 1.5 encontram-se listadas as estratégias didáticas aplicadas em sala de aula pelos alunos do EF/M relatadas nos respectivos artigos.

Tabela 1 5 - Estratégias didáticas encontradas nos trabalhos.

Estratégias didáticas aplicadas	Número dos Artigos
Aulas expositivas	1
Leituras	2, 3, 4,5,6
Jogos didáticos	7
Debates	2, 3, 4,5,6,7
Trabalhos em grupo	8
Júri simulado	1
Linha de tempo	2
Aplicação de questionários	1, 2
Análise de imagens	6
Confecção de textos	6, 8
Atividades práticas	5

Podemos notar que as estratégias mais utilizadas na abordagem de aspectos sobre NdC são a leitura e os debates. Segundo Gurgel et al. (2013), espera-se que *leitura e a discussão* deva acontecer sempre, considerando que são estratégias possíveis para todos, seja EF ou EM. Essas estratégias, mesmo que não mencionadas explicitamente pelos autores, há indícios das mesmas no trabalho, quando são apresentadas outras estratégias de ensino. Atividades envolvendo leitura e interpretação de textos estão presentes na maioria das pesquisas, sobretudo naquelas de alguma forma enfatizam um enfoque histórico.

As aulas de ciência que utilizam a história e filosofia da ciência geralmente envolvem muita *leitura e discussões* de textos. “Os alunos leram trechos dos Diálogos de Galileu com o intuito de discutirmos os resultados obtidos por Galileu(...)”, enfatizam Peron, Guerra e Forato (2011). Oliveira, Chinelli e Coutinho (2011), com intuito de gerar *debates* sobre visões de ciência, relatam que sendo o primeiro contato com história da ciência, abordaram conceito de rupturas de paradigmas por Kuhn (2009) e, como início de trabalho, propuseram uma leitura crítica e discussão das ideias presentes no texto.

Alguns trabalhos destacam a presença de *questionários aplicados* com intuito de identificar concepções prévias dos estudantes e verificar as contribuições na aprendizagem dos temas propostos. Nesse sentido, Kringer, Teixeira e Aires (2011) numa investigação sobre a tabela periódica, destacam que tais concepções foram observadas tanto no questionário inicial, quanto no final, relatando a importância da aplicação dos questionários para diagnósticos dos diversos assuntos e conseqüentemente a elaboração de novas propostas didáticas.

A *análise de imagens* pode ser um grande motivador para os estudantes, possibilitando o contato com uma linguagem diferente do texto escrito e da palavra. Nesse sentido, Mello, Fiuza e Guerra (2013) desenvolveram uma investigação com intuito de oportunizar aos alunos uma maneira diferente de lidar com imagens. Nessa atividade o professor selecionou imagens como: uma foto de uma cozinha com vários eletrodomésticos, inclusive um micro-ondas; imagem de uma cidade capturada via uma câmera que registra a radiação na faixa do infravermelho; foto de um homem ao celular; foto de uma pedra bruta de polônio; imagem com três símbolos, radioatividade, radiação laser e radiação via ondas de rádio e de TV; um quadro de Van Gogh “O sementeiro” e a última imagem foi histórica, o primeiro raio X, obtida por Roentgen da mão esquerda de sua mulher. Em um primeiro momento os alunos apresentaram dificuldade em se posicionar contra ou a favor da radiação. No entanto, por meio das respostas dos alunos ficou evidente a desvinculação da ciência como integrante do contexto sociocultural em que é produzida.

O jogo é uma forma diferente para discussões sobre ciência. Mesmo reconhecendo o valor de outras estratégias didáticas, considera-se importante buscar novas propostas de ensino, com intuito de agradar os diversos perfis de estudantes e docentes. Nesse sentido, Gurgel et al (2013) exibem um jogo didático sobre cosmologia com intuito de promover debates sobre influências sociais da ciência. De acordo com os autores “além dos desenvolvimentos científicos, os alunos também entram em contato com acontecimentos sociais, artísticos e outros que permitem perceber a relação da ciência com sua época” (p.6).

O jogo tinha como finalidade “problematizar tanto a visão do cientista neutro, livre de influências ideológicas, quanto o relativismo ingênuo, a visão do cientista dominado por influências ideológicas”. Buscou-se, portanto, que o estudante percebesse a ciência como uma produção humana, com influências do contexto histórico social.

Conforme Peron, Guerra e Forato (2011), a *linha de tempo* é uma estratégia que possibilitou uma revisão de conceitos científicos já trabalhados, além de proporcionar ao professor uma exploração de cenários políticos, sociais e culturais das épocas e regiões de cientistas estudados. Em um primeiro momento foi apresentada de maneira integral, destacando as contribuições de cada pensador e relacionando ao seu contexto cultural. Em seguida, buscaram-se os personagens já trabalhados na proposta anterior, tais como Aristóteles, discutindo-se os costumes, as divisões políticas do século III a.C; Cláudio Ptolomeu, comparando se os costumes e a política; Nicolau Copérnico, já no século XV e XVI, no qual o conceito de espaço começa a sofrer modificações; Johannes Kepler e a consolidação do sistema heliocêntrico; Isaac Newton, discutindo a importância da mecânica newtoniana e Einstein, destacando a época que ingressou na profissão de técnico em um escritório de patentes. Essa estratégia de ensino permite a visualização dos fatos de maneira linear facilitando a compreensão sobre o que é apresentado e também auxilia no entendimento sobre as causas e efeitos dos acontecimentos (ANJOS et al, 2013).

1.3.5 Contribuições das atividades mencionadas pelos autores

Buscando analisar as contribuições que as atividades proporcionaram aos estudantes encontramos nos trabalhos diversos benefícios em relação à abordagem de aspectos da NdC em sala de aula, tais como: tornar a aprendizagem mais dinâmica e agradável; aumentar na compreensão dos conteúdos trabalhados; proporcionar discussões concretas de aspectos da NdC; desenvolver a comunicação e na interação em grupo; construir visões mais críticas e coerentes; maior atenção e imaginação; relacionar o assunto estudado com o cotidiano; contato com outros tipos de linguagem. Na tabela 1.6 encontram-se as principais contribuições apontadas nos respectivos trabalhos.

Muitas contribuições aparecem em diversos trabalhos, algumas com maior frequência como a construção de visões mais críticas e coerentes sobre a ciência. Nesse sentido, Oliveira, Chinelli e Coutinho (2011) destacam que

é possível concluir que aqueles alunos que se dedicaram aos debates e aos diálogos realizados durante as aulas puderam *construir visões bem mais críticas e mais coerentes* com as concepções contemporâneas sobre a NdC e do trabalho científico. (OLIVEIRA; CHINELLI; COUTINHO, 2011, p.7)

Tabela 1 6- Contribuições das atividades implementadas na sala de aula relatadas nos artigos analisados.

Contribuições das atividades para os alunos	Número do artigo
Tornou a aprendizagem mais dinâmica e agradável	4, 5, 8
Despertar o interesse dos alunos para investigação e para construção do conhecimento;	5, 7
Auxílio a compreensão dos conteúdos científicos	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8
Desenvolvimento da comunicação e da interação em grupo	3
Construção de visões mais críticas e coerentes sobre NdC	2, 3, 4, 5, 6, 7
Maior atenção e imaginação	4, 5, 6, 8
Relacionar o assunto estudado com o cotidiano	7, 8
Contato com outros tipos de linguagem	3, 4, 6

Em consenso com as contribuições que as atividades podem proporcionar, Mello, Fiuza e Guerra (2013), em uma proposta didática que fez uso de imagens, verificaram que a estratégia pode ser um motivador para os estudantes pois os mesmos entram em contato com os outros tipos de linguagens, além de gerar grandes debates sobre o tema em questão.

Jesus e Pacca (2013), em sua investigação com uso da História da Biologia para compreensão do sistema circulatório, destacam que a abordagem histórica propiciou uma evolução no entendimento do assunto, e, portanto, houve aumento na compreensão dos conteúdos científicos trabalhados. Em análises dos trabalhos finais foi possível verificar que os alunos pareceram compreender mais claramente tanto a estrutura, como a fisiologia do Sistema Circulatório, além de conhecer um pouco mais sobre a história da ciência. Foi constatada uma forte relação entre as concepções dos alunos e as encontradas na literatura histórica a respeito do tema.

De um modo geral, o levantamento e análise que realizamos sobre os trabalhos que relatam a abordagem de aspectos da NdC em sala de aula reforçaram o entendimento a respeito da importância de se inserir questões dessa natureza no ensino de ciência e nos revelaram que muitas estratégias e recursos aplicados neste contexto estão pautadas na leitura de documentos históricos. Isso nos evidenciou a necessidade de se explorar outros materiais potencialmente úteis na abordagem da prática da ciência e do trabalho do cientista, como, por exemplo, os textos de divulgação científica.

Outra questão importante no contexto desta pesquisa diz respeito a que aspectos da natureza da ciência são colocados em destaque nos estudos dos materiais de divulgação científica. Justi (2013) chama atenção para o fato de que, além da história e da filosofia da ciência, “existem contribuições de diversos campos para o debate (por exemplo, sociologia, psicologia, economia, antropologia) ” (p.5). Nessa perspectiva, acreditamos que nosso estudo, pautado na sociologia da ciência, possa trazer novos olhares aos textos de divulgação científica.

As bases teóricas adotadas para esta pesquisa são apresentadas no tópico a seguir.

2 BRUNO LATOUR E A SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

Diante de diversas transformações sociais, políticas e econômicas ocorridas em séculos anteriores, como, por exemplo, o surgimento do capitalismo e o desenvolvimento do Absolutismo, e carecendo de explicações, a sociologia surge como uma necessidade e urgência no entendimento do mundo em transformação (GIDDENS, 2005). Segundo Martins (1994), sob o impacto da Revolução Industrial e da Revolução Francesa, cujos desdobramentos modificaram a vida de homens e mulheres, a sociologia nasce de reflexões acerca dos contornos da nova configuração histórica, daí sua preocupação permanente em distinguir e contrapor a sociedade moderna às sociedades tradicionais. De acordo com o autor, a sociologia constitui em certa medida uma resposta intelectual às novas situações colocadas pela Revolução Industrial, que representou a consolidação do capitalismo e o desmoronamento de costumes e instituições.

A origem da sociologia da ciência (SdC) é circunscrita ao ambiente intelectual norte-americano, e visa seguir os passos da sociologia do conhecimento, que de acordo com Souza (2001), “procura analisar a relação entre conhecimento e existência; enquanto pesquisa histórico-sociológica, busca traçar as formas tomadas por esta relação no desenvolvimento intelectual da humanidade”(p.6).

A partir das ideias de Robert K. Merton, a SdC passa a ser considerada um ramo distinto da sociologia "clássica" do conhecimento (ZARUR, 1994, p.23). Merton, juntamente com outros sociólogos da ciência, “dirigiam seu foco de atenção para a explicação estrutural da mudança científica, o sistema normativo, a estrutura de recompensas, os grupos de especialistas, além de outros temas. Essa sociologia acreditava poder distinguir na mudança científica os fatores sociais dos cognitivos” (HAYASHI, 2012).

Merton usa uma abordagem "externalista" para a sociologia da ciência, explicando o desenvolvimento da ciência no Século XVI por um fator a ela externo, o protestantismo. No entanto, mais tarde, é considerado um internalista por ter identificado uma comunidade científica regida por valores próprios, voltado para os acontecimentos internos no mundo científico (SOUZA, 2001).

A partir da década de 1970, a sociologia da ciência modifica-se e nesse período nascem e consolidam-se novos programas de pesquisa. Segundo Souza (2001),

a abordagem internalista da ciência de maior repercussão não veio de um sociólogo. Ela foi elaborada por um historiador da ciência originado dos estudos da física, Thomas Kuhn, com a publicação do seu livro "The Structure of Scientific Revolutions". Kuhn (1970) identifica, descreve e analisa a dinâmica interna da ciência via os seus ciclos de ciência normal e revoluções. (SOUZA, 2001, p.7)

Com a perspectiva de Kuhn, muitos desviam do pensamento de pesquisadores como Robert K. Merton, estabelecendo uma nova maneira de compreender a ciência: o conhecimento científico não é mais analisado como o produto de um processo cognitivo privilegiado. Ele passa a ser considerado o resultado de práticas sociais e, portanto, um objeto passível de análise pela Sociologia.

A década de 1970 foi promissora no que tange ao tratamento do conhecimento científico pela sociologia, seja pela carta-manifesto "Knowledge and social imagery" por David Bloor, sejam pelos estudos etnográficos de laboratório por Karin Knorr-Cetina, Bruno Latour e Steve Woolgar. Decorre desses estudos uma ciência menos isolada das influências sociais e mais próximas de processos como interesses e conflitos, uma ciência contextualmente construída, fundamentalmente dependente de estratégias retóricas para a legitimação do fato científico: este foi o mérito das diversas vertentes que se seguiram àqueles trabalhos pioneiros.

Hayashi et al (2010) destacam que as descrições normativas sobre a comunidade científica são retiradas do contexto e, nesse sentido, intensificam-se as pesquisas investigativas sobre as atividades, os julgamentos e interpretações dos cientistas, a partir de uma perspectiva sociológica. Os interesses dos cientistas sociais vão além das formas de organização da comunidade científica, sendo foco também o próprio conteúdo do conhecimento científico e as práticas internas da ciência (HAYASHI; RIGOLIN; KERBAUY, 2014).

Tem-se a concepção de que ciência e tecnologia são práticas contingentes e relacionadas com diversas esferas do mundo social, levando a conexão entre ciência e sociedade, no ponto de encontro entre cientistas, máquinas, conhecimentos, artefatos tecnológicos, instituições e símbolos. Nesse cenário de desenvolvimento dos estudos sociais da ciência e da tecnologia, o laboratório não é mais considerado uma entidade discreta e sim de fácil acesso, podendo verificar que seus contornos estão cada vez menos claros, e os fluxos que o recortam são cada vez mais importantes nos questionamentos atuais sobre ciência e tecnologia. Ainda assim, a aceitação da influência dos fatores sociais na produção do conhecimento científico é muito diferente de investigar a produção do conhecimento

científico do ponto de vista sociológico. Diante dos vários impasses programáticos desta forma de delimitação disciplinar envolvendo o conhecimento, surgem diversos questionamentos que culminaram com a formulação de um novo foco de investigação conhecido como estudos de laboratórios (MATTEDI, 2007). O autor destaca que os estudos de laboratório são uma continuidade da sociologia da ciência e da sociologia do conhecimento científico (p.3).

Nesse sentido, Bruno Latour aponta que a abordagem sociológica do laboratório deve fundamentar-se metodologicamente na tentativa de suspender “ao mesmo tempo nossas crenças sobre a ciência e as nossas crenças sobre a sociedade” (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.23). Os autores nos levam a refletir sobre o contorno que o discurso epistemológico e sociológico tem sobre a produção dos fatos.

A sociologia da ciência na perspectiva de Bruno Latour tem, desde os anos 1970, prestado contribuição aos historiadores e cientistas sociais, na medida em que tornara a tecnociência um campo de investigação mais próximo dos pesquisadores.

Bruno Latour nasceu em 1947, em Beaune, França. Realizou diversas pesquisas etnográficas na África para o *Office de Recherche Scientifique de Territoires d’Outre-Mer*(ORSTOM), atual *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD). Após estudos de campo na África e na Califórnia, ele especializou-se na análise de cientistas e engenheiros no trabalho. Talvez, para melhor descrevê-lo, seja necessário acatar seu próprio conceito, fruto da recusa em aceitar rótulos e defini-lo simplesmente como um “sujeito híbrido”. Latour interessou-se pelas ciências sociais, em especial pela antropologia, tornando-se um crítico e perspicaz que utiliza a sociologia do conhecimento para apresentar a atividade científica como processo social, sendo uma referência no estudo das ciências e das tecnologias (FREIRE, 2006).

Além de trabalhar com filosofia, história, sociologia e antropologia da ciência, ele tem colaborado em muitos estudos em ciência política e gestão da investigação. Foi professor visitante da *London School of Economics* e do Departamento de História da Ciência, na Universidade de Harvard. É, atualmente, professor no *Institut d’Études Politiques* de Paris.

Interessado em compreender quais os fundamentos da verdade científica, Latour muda-se para os Estados Unidos, na qual sua primeira pesquisa de campo sobre a atividade científica é desenvolvida. Em parceria com Steve Woolgar, o autor publica seu primeiro livro, intitulado “A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos” (LATOURE; WOOLGAR, 1997). Tanto essa obra como “Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora” (LATOURE, 2000) são as publicações mais conhecidas do autor no Brasil. O

autor apresenta outras obras, como “Jamais fomos modernos: um ensaio de uma antropologia simétrica” e “Rede que a razão desconhece: laboratórios, bibliotecas coleções”, que constitui um capítulo do livro “O poder das bibliotecas: a memória dos livros no ocidente”, escrito por Marc Baratin e Christian Jacob.

No livro “A vida de Laboratório” Latour e Woolgar (1997) fazem críticas aos estudos sobre a ciência, por não haver separação entre o conteúdo científico e o contexto social. Para os autores, embora o conhecimento dos efeitos externos e da recepção da ciência tenha ampliado, a compreensão das atividades complexas que constituem o funcionamento interno da atividade científica permanece subdesenvolvida. Nessa perspectiva, os autores são desafiados a ultrapassar o limite dessa separação e se dedicarem ao estudo da ciência em construção. O referido livro tem sido considerado um clássico dos chamados estudos sociais da ciência, marca o debate contemporâneo da sociologia da ciência e vem reforçar a abordagem etnográfica. Os "estudos de laboratório", conforme Latour e Woolgar (1997), centram-se no cotidiano da ciência.

De acordo com os autores, a ciência não é diferente de outras práticas sociais, nem o cientista é diferente de qualquer outro ator social que se utiliza de estratégias de persuasão e que busca a aceitação dos enunciados por ele produzidos. Para chegarem a tais ideias, Latour e Woolgar (1997) reúnem as análises etnográficas sobre o “fazer ciência” partindo de estudos de caso em laboratórios científicos, destacando as atividades produzidas pelos cientistas, as interações existentes entre eles, elementos, materiais, máquinas e os esforços utilizados na construção de teorias, literatura e experimentos científicos. Nas palavras de Freire (2013), Latour afirma que a única maneira de compreender a realidade dos estudos científicos é acompanhar os cientistas em ação, já que a ciência está fundada sobre uma prática, e não sobre ideias. Destaca que, sua proposta é investigar como se dá o processo de construção dos fatos científicos, nos mínimos detalhes, em cada gesto dos cientistas, dentro e fora do seu laboratório, com a mesma observação dedicada com que os antropólogos estudam os chamados povos “selvagens”.

A ciência pode ser definida como prática social de produção de conhecimento, e, nesse sentido, Latour e Woolgar (1997) a compreendem como resultado da interação entre atores dada nas circunstâncias locais e contingentes do laboratório. Redes e atores, elementos que fazem a prática das ciências. As redes são os fios que os cientistas tecem em seu cotidiano para garantir o andamento de sua disciplina, como as relações que estabelecem com financiadores e políticos, por exemplo.

Os autores procuram mostrar o caráter idiossincrático, local heterogêneo, contextual e diversificado das práticas científicas. Analisam “como as diferenças entre as práticas de interpretação científicas e não científicas são criadas e mantidas no interior do laboratório”, revelando a “gama de interesses e preocupações” que surgem no laboratório (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p.161).

Latour e Woolgar (1997) consideram os cientistas como escritores, e o laboratório, com seus instrumentos e aparelhos, ambiente que proporciona inspiração para escrita dos artigos. Segundo os autores, os cientistas chegam a escrever de maneira “compulsiva” e “anotam meticulosamente”; parecem “romancistas particularmente escrupulosos que se sentem obrigados a anotar tudo o que veem, com medo de uma falha de memória”. Além disso, também “controlam aparelhos”, marcam tubos de ensaio e béqueres, criam dicionários, fichários e catálogos com milhares de registros, dados, produtos químicos, amostras de animais etc. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 40-42).

Assim, buscando compreender o interior de um laboratório, Latour destaca que existe um confronto “com uma estranha tribo que passa a maior parte de seu tempo codificando, lendo e escrevendo” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.42). O laboratório é então definido como sistema de inscrição literária. A inscrição literária é apontada por Latour e Woolgar (1997) como procedimentos de materialização dos objetos de estudo da ciência por meio de traços, pontos, gráficos, espectros e demais registros produzidos por aparelhos manipulados no sentido de tornar formal a literatura dos fenômenos que servirão de matéria prima para a elaboração dos enunciados científicos. Diante disso, Latour e Woolgar afirmam que o laboratório é um sistema de inscrição literária, cuja finalidade é, por vezes, convencer que um enunciado é um fato. Desse ponto de vista, há uma tendência a considerar que um fato é aquilo que se inscreve em um artigo.

Conforme destacado, o laboratório é entendido como um “sistema de inscrição literária” no qual “vários fenômenos que pareciam estranhos encontram uma explicação”, que no início parece distante da literatura. Entretanto, tudo ali, ou seja, todos os equipamentos, materiais, cobaias etc. “podem ser interpretados como elementos de uma cadeia que visa a obter uma inscrição”, a saber, um ingrediente literário (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 46-47).

É a partir das inscrições produzidas, que os pesquisadores constroem seus enunciados, e essa construção é tão importante para podermos compreender a atividade do cientista no laboratório. É por meio da inscrição literária que se evidencia o papel desempenhado pelos aparelhos na produção dos fatos científicos, configurando a eles um

papel fundamental, pois nenhum dos fenômenos pode existir sem eles, afinal “os fenômenos dependem do material, eles são totalmente constituídos pelos instrumentos utilizados no laboratório” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.61).

Um sistema de inscrição literária tem a finalidade de convencimento de que um enunciado é um fato, que só é reconhecido como tal “quando perde todos os seus atributos temporais e integra-se em um vasto conjunto de conhecimento edificados por outros fatos” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.101). Vale ressaltar que uma das funções da inscrição literária é persuadir os leitores, embora os leitores só fiquem plenamente convencidos quando todas as fontes de persuasão parecem ter desaparecido. Uma questão que permanece aberta é como os pesquisadores convencem os outros da importância do que fazem.

Portanto, nessa perspectiva, a construção do fato é um longo processo envolvendo elementos humanos, como os cientistas, colaboradores, aliados, financiadores e outros; e os elementos não humanos, como os laboratórios e as máquinas. Podemos destacar o papel dos inscrites definidos como “todo elemento de uma montagem ou toda combinação de aparelhos capazes de transformar uma substância material em uma figura ou em um diagrama” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p.44).

Os autores apontam ainda que as capacidades de inscrição dos aparelhos, bem como a mania de marcar e de codificar, equiparam-se às qualidades exigidas a profissionais literários, como “saber escrever, persuadir e discutir” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p.45). Nesse sentido, destacam a “arte de persuasão” como uma habilidade pela qual os pesquisadores convencem os outros da importância do que fazem, da verdade que dizem e do interesse que existe no financiamento de seus projetos. Dessa forma, Latour destaca que a atividade do laboratório representa uma organização da persuasão pela inscrição literária. Além disso, para tal “habilidade é apenas um meio para se chegar à finalidade última, a produção de um artigo” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p.70).

Latour e Woolgar (1997) reconhecem, portanto, que a produção de artigos é a finalidade essencial de atividade científica. No laboratório é possível encontrar uma lista de publicações, as quais podem ser classificadas como: artigos publicados em revistas especializadas, resumos apresentados em congressos de especialistas, contribuições para ocasiões de conferências, coletâneas de artigos etc. Os artigos ainda podem ser considerados pelo gênero literário, com função de relações públicas, buscando assim financiamentos públicos. Há artigos cujas informações são muitas vezes utilizadas pelos estudantes ou pesquisadores de outras disciplinas. E ainda há artigos que são especializados, pois fazem

pouco sentido fora de sua área. Os artigos têm muito mais finalidades: o conhecimento entre pares, o reconhecimento, o prestígio, a credibilidade.

Para os autores, a construção do fato científico envolve, essencialmente, uma delicada negociação entre os cientistas, que, para isso, se valem de múltiplas estratégias de argumentação persuasiva, que lhe garantem o crédito como recompensa. Além disso, uma das preocupações dos cientistas é de gênero financeiro, sendo essencial o gerenciamento de recursos para a realização de pesquisas.

Assim, atividade científica é representada esquematicamente por Latour no que denominou ciclo de credibilidade (Figura 3.1). O reinvestimento contínuo dos recursos acumulados forma o ciclo de credibilidade, no qual a busca contínua por um ganho de credibilidade permite o reinvestimento e, por conseguinte, um ganho posterior de credibilidade.

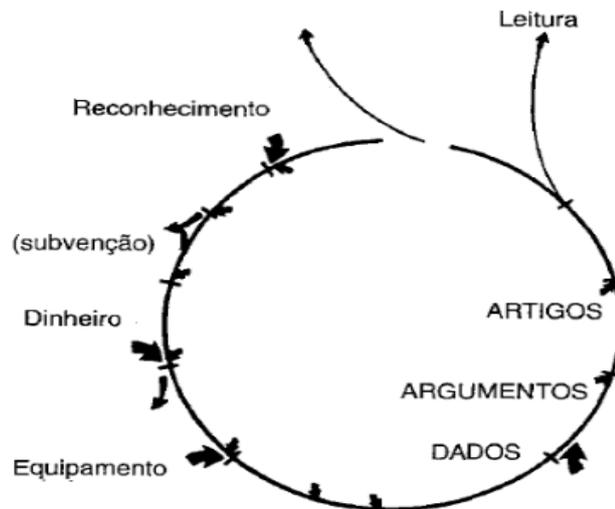


Figura 2.1 - Ciclo de Credibilidade do pesquisador descrito por Latour e Woolgar (1997, p.225)

Latour distingue ainda “crédito-reconhecimento” e “crédito-credibilidade”: “o crédito-reconhecimento refere-se ao sistema de reconhecimentos e de prêmios que representam o reconhecimento, pelos pares de uma obra científica. A credibilidade baseia-se na capacidade que os pesquisadores têm para efetivamente praticar a ciência” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.221). Dessa forma, as estratégias dos cientistas são mobilizadas no sentido de buscar um permanente ciclo de credibilidade. Ao obter credibilidade, pode se favorecer um reinvestimento, possibilitando mais credibilidade. O reconhecimento do cientista, seguido de financiamentos e de publicações aumentam ainda mais o reconhecimento

e conseqüentemente a credibilidade. A noção de credibilidade permite, portanto, dar conta não apenas dos diversos tipos de conversão do capital científico, mas também da dinâmica essencial da atividade científica.

Mediante as motivações dos pesquisadores a operar inscritores, a escrever artigos, a construir objetos e a ocupar diferentes posições, os autores constataram uma tendência para descrever o que fazem em termos econômicos. Aparecendo noções de investimentos, espera de retorno e aguardando o reconhecimento. Alguns citavam o financiamento disponível, a política financeira, a publicação e a recepção de seus artigos.

A ciência enquanto uma construção social é influenciada tanto por aspectos internos da própria comunidade científica como por aspectos externos da sociedade à qual pertence. Ao se aproximar desses aspectos, Bruno Latour, em seu livro “A Ciência em Ação”, propõe acompanhar os cientistas e engenheiros enquanto constroem seus fatos e artefatos científicos. Conforme Machado e Teixeira (2007), trata-se de uma audaciosa posição de análise da ciência, demonstrando o quanto o contexto social e o conteúdo técnico são essenciais para o próprio entendimento da atividade científica, por enfatizar sua investigação no momento em que acontece, por meio de sua rede de atores.

Latour (2000) deixa claro o fato de estar estudando a ciência em ação, e não a ciência ou a tecnologia pronta. Os interessados nesse empreendimento devem chegar antes que os fatos e máquinas tenham se transformado em caixas-pretas ou, então, acompanhar as controvérsias que as reabrem. Assim, o autor, continua seus estudos na área de sociologia da ciência, buscando um olhar mais interno da ciência, caminhando por vieses etnográficos e descortinando algumas práticas contemporâneas da ciência.

Nesse cenário, é necessário um olhar mais questionador, investigando quem são efetivamente os atores que fazem ciência. Para Latour (2000), são diversos os sujeitos envolvidos nesse processo, do qual apenas uma pequena parte corresponde aos cientistas propriamente ditos. Segundo Latour (2000), há uma grande articulação externa, um esforço comunicativo e negociador. Nesse sentido engenheiros e cientistas alinham seus objetivos – ainda que indiretamente – aos interesses de outros como professores, advogados, empresários e financiadores.

Como foi dito, para Latour, a atividade científica tem sempre uma dimensão coletiva. Portanto, explorar a ciência em ação é estar atento aos detalhes do trabalho coletivo que faz da prática científica um labor contingente. A construção de fatos e máquinas só se viabiliza por meio da conjugação de interesses e mobilização de um grande número de aliados. Conforme Latour aponta, “você nunca avançará na certeza sem a ajuda dos outros. A construção de um

fato é um processo tão coletivo que uma pessoa sozinha só constrói sonhos, alegações e sentimentos, mas não fatos” (LATOUR, 2000, p. 70).

É perceptível compreender que o que está dentro e o que está fora do laboratório em algum momento se tocam, se modificam e se complementam. Questionando “quem faz ciência realmente? ”, o autor mostra que não só os cientistas fazem a ciência, dirigindo-se à distinção interno-externo da ciência. Sustenta que a tecnociência tem um lado de dentro porque tem um lado de fora. À primeira vista, essa definição pareceria inócua, mas teria uma retroalimentação positiva. Isto é, quanto maior, mais sólida, mais pura a ciência é, lá dentro, maior a distância que outros cientistas precisam percorrer lá fora.

No processo de construção da ciência, os objetos são passados de um ator para outro, as afirmações vão se transformando à medida que são transmitidas e usadas. Porém, o status de uma afirmação depende sempre das afirmações ulteriores (do que se faz depois com ela, ou seja, se ela é tornada mais fato ou ficção). O fato científico, nessa perspectiva, é entendido como sempre ulterior à resolução das controvérsias (LATOUR, 2000). Este é um ponto importante a ser tratado, a questão da ulterioridade, posto que é somente ao final de todo um processo, quando as consequências e nuances indesejáveis, as interferências de várias pessoas, interesses e as dúvidas estiverem anuladas, que se pode dizer que algo é um fato (LATOUR, 2000).

Conforme relatado, uma afirmação é fato ou ficção não por si mesma, mas apenas em virtude daquilo que outras sentenças fazem com ela depois. Fica claro que nenhum artigo é suficientemente forte para calar as controvérsias, e nenhum fato é tão sólido que dispense apoio. Assim, quando as controvérsias se inflamam, a literatura se torna técnica. Há sempre um ponto numa discussão em que as pessoas envolvidas não possuem recursos próprios para abrir e fechar uma caixa preta. Nesse momento, elas lançam mão de textos, arquivos, documentos e artigos para forçar os outros a transformarem o que foi dito antes como opinião em um fato. Segundo Latour (2000, p. 54), “quanto mais discordam, mais científica e técnica se torna a literatura que leem”. Cada vez mais são chamados “aliados de peso” que impressionam e convencem o leitor. Entretanto, em consonância com Latour (2000, p. 77), “por mais impressionantes que sejam, os aliados de um texto científico não bastam para convencer. Ainda é preciso algo mais. Para achar esse algo mais, convém continuar nossa anatomia dos textos científicos”.

Nessa perspectiva, o autor se concentra na literatura, nas controvérsias (suas modalidades) e nos aspectos coletivos na construção dos fatos que as envolvem. Entra em cena o fato de se reportar a textos anteriores, ser tomado como referência por textos

posteriores e as táticas de posicionamento de ambos para garantir uma persuasão na aceitação dos fatos.

Ao questionar um fato ou artefato científico, o leitor é envolvido por cadeias de argumentos, citações e referências que são produzidos por meio de provas, observações, comparações e confrontações. A produção dessas cadeias conduz à noção de tradução (translação). As estratégias de tradução são apresentadas no livro, juntamente com os agenciamentos de aliados, os agrupamentos e suas forças de associação. “Seja qual for a tática, é fácil perceber a estratégia geral: faça tudo que for necessário com literatura anterior para torná-la o mais útil possível à tese que você vai defender” (LATOURET, 2000, p.66). No entanto, mesmo que as referências sejam arrançadas, que as provas em contrário tenham sido desqualificadas de forma inteligente, ainda não é suficiente, “tudo o que um texto fizer com a literatura anterior será feito a ele pela literatura posterior” (LATOURET, 2000, p.67)

Assim, os cientistas arremetem estratégias retóricas para auxiliar suas afirmações na aquisição de credibilidade. Latour menciona instituições financiadoras, trabalhos publicados por seu grupo e as revistas que os aceitaram. Ainda destaca outros trabalhos ou grupos que têm os mesmos interesses e possíveis aplicações da pesquisa. Todo esse jogo de elementos, interesses e fatores que movimentam um laboratório constitui uma rede complexa, mencionada anteriormente, que envolve o lado de dentro e o lado de fora.

Bruno Latour (2000) apresenta também algumas considerações sobre o processo de profissionalização do cientista e incita a reflexão sobre questões relativas ao tornar-se cientista e qual deveria ser a unidade organizacional da análise das práticas científicas.

Retomando a questão da rede, compreendida por conter diversos elementos, instâncias, interesses, parcerias, procedimentos etc., Latour ressalta que “uma corrida probatória é tão cara que só um pequeno número de pessoas, nações, instituições ou profissões é capaz de custeá-las” e nesse sentido rede “indica que os recursos estão concentrados em poucos locais – nas lançadas e nos nós – interligados – fios e malhas”. Contudo, essas “conexões transformam os recursos esparsos numa teia que parece se estender por toda parte” (LATOURET, 2000, p. 294).

Portanto, Latour nos leva a compreender a ciência e a tecnologia como construções sociais. Desta maneira uma ciência com práticas permeadas pelas colaborações de diferentes atores, sendo cientistas, engenheiros ou não. Nesse mundo rodeado por discussões, negociações, aliados, máquinas e refutações, o cientista se move de dentro para fora e de fora para dentro, num movimento de ir e vir, que resulta no conteúdo propriamente dito da Ciência, produzido por determinados métodos, e registrado em documentos que podem ser

combinados de diferentes maneiras no fazer de cientistas e de engenheiros. Esse deslocamento faz-se necessário para a coleta de dados e de evidências, as quais são transformadas em “informações e formas”, denominação que Latour dá para representações da realidade.

A perspectiva de Latour no desvelamento da prática da ciência, na análise minuciosa do caminhar dos cientistas, da utilização de diversos meios para chegarem ao fato, na produção dos artigos e toda luta findada pelos atores nos retoma o pensamento do quanto a ciência é humana, feita por humanos com seus interesses (LATOURE, WOOLGAR, 1997; LATOUR, 2000).

Conforme Vianna e Carvalho (2001), o fato de se estudar o funcionamento da ciência pode ser tão atraente como estudar a essência de cada uma das ciências. As autoras ressaltam ainda que as preocupações de Latour podem ser utilizadas em estudos sobre o ensino das ciências, que a aproximação do dia a dia dos cientistas pode facilitar o ensino de ciências, descortinando o processo de construção e suas transformações.

Acreditamos que o ensino de Ciências na educação básica deve estar ancorado numa educação científica, não com intuito de formar cientistas, mas para compor uma formação que tem caráter geral, em que conteúdos e conhecimentos científicos são utilizados para aprender e refletir sobre os seus graus de criticidade no processo de construção, oportunizando um maior comprometimento perante todos os tipos de conhecimento. Nesse sentido, consideramos a escolha dos estudos de Latour como referencial teórico para esta pesquisa, conduzindo nossas reflexões sobre a prática científica.

Assim, os estudos de Latour balizaram nossas análises dos textos de divulgação científica da revista *Pesquisa FAPESP*, bem como dos materiais produzidos pelos estudantes em atividades nas quais usamos tais textos. A descrição detalhada dos procedimentos e referenciais metodológicos de nossa pesquisa está descrita no capítulo a seguir.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa é do tipo qualitativa, a qual, segundo Bauer e Gaskell (2013), é uma pesquisa que “evita números, lida com interpretações das realidades sociais” (p.23). Ludke e André (1986) acrescentam ainda que a pesquisa qualitativa tem como características principais: a obtenção de dados descritivos, do ambiente natural; tem o pesquisador como seu principal instrumento; os dados coletados são ricos em descrições de pessoas, situações e acontecimentos.

Vale ressaltar que, nesse tipo de pesquisa, o interesse do pesquisador é verificar como um problema se manifesta nas atividades e nos procedimentos, enfatizando mais o processo do que o produto. Ao explorar um determinado problema o pesquisador deseja aferir sua manifestação nas atividades, nos procedimentos e nas interações do dia-a-dia (LUDKE; ANDRÉ, 1986).

Esta pesquisa está dividida em duas etapas. Na primeira analisamos textos de divulgação científica (TDC) da revista *Pesquisa FAPESP*, com intuito de investigar que práticas da ciência estão expressas nos textos da referida revista, sob a perspectiva da sociologia da ciência de Bruno Latour. Na segunda etapa aplicamos e analisamos atividades didáticas em sala de aula mediada pelo uso dos TDC da revista *Pesquisa FAPESP*. Os procedimentos de pesquisa e opções metodológicas estão descritos a seguir.

3.1 Análise de TDC da revista Pesquisa FAPESP

3.1.1. A revista *Pesquisa FAPESP*

O objeto de estudo tomado para esta pesquisa é a revista de divulgação científica *Pesquisa FAPESP*, uma “publicação jornalística do país especializada no segmento de ciência e tecnologia que tem por foco primordial a produção científica nacional” (FAPESP, 2014). As reportagens dessa revista relatam os resultados de pesquisa na área de ciências usualmente e vêm acompanhadas de informações como os nomes das instituições, pesquisadores, empresas e órgãos financiadores envolvidos na pesquisa, destacam suas aplicações tecnológicas, benefícios sociais, mencionam os custos das pesquisas e perspectivas de desenvolvimento do

país a partir do estudo, relatam algumas publicações em revistas científicas conceituadas na área etc. (OLIVEIRA, 2013).

A referida revista vem se tornando uma fonte de divulgação e de reconhecimento contínuo dos pesquisadores brasileiros. De acordo com Fossey (2007) a revista *Pesquisa FAPESP* “parece simular, em suas reportagens, uma prática mais próxima a dos cientistas, já que nelas temos sempre definidos os “quens”, “ondes” e “porquês” relativos às pesquisas que relatam, o que implica falar, em geral, de uma pesquisa específica (e não de um tema, como “o caos”, “os radicais livres”, “o Alzheimer”...)” (p.142).

Lançada em 1999 pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – uma das mais importantes agências de fomento do país –, a revista *Pesquisa FAPESP* é resultado da evolução editorial do informativo *Notícias FAPESP*. Esse informativo foi publicado inicialmente em agosto de 1995, com uma distribuição gratuita para os pesquisadores paulistas, gestores da política nacional de ciência e tecnologia e jornalistas.

A revista tem atualmente uma tiragem de 44.000 exemplares e apresenta edição online expondo, na íntegra, todos os textos publicados na revista impressa, da edição de número 1 à mais recente. Além disso, disponibiliza traduções de suas reportagens para o inglês e o espanhol. O site da revista também publica notícias sobre ciência e tecnologia, vídeos e galerias de fotos, complementares ou não ao conteúdo da edição impressa. Todo o conteúdo do site é de acesso aberto e gratuito.

A revista *Pesquisa FAPESP* apresenta algumas seções como Ciência, Tecnologia, Política C&T e Humanidade, permitindo ao leitor informações de diversas áreas. Através das seções, o leitor entra em contato com reportagens que o conduzem ao mundo de inovações, com uma linguagem séria e acessível a jovens estudantes, a pesquisadores e a quem se interessar pelas suas reportagens.

3.1.2. Seleção dos TDC da revista *Pesquisa FAPESP*

Para esta etapa da pesquisa, inicialmente, selecionamos 10 textos da seção *Ciência* da revista *Pesquisa FAPESP*. Essa escolha deve-se ao fato dessa seção abordar temas ligados à ciência, cujos conteúdos possam ser úteis para aplicação na educação científica. Além disso, optamos por trabalhos mais recentes (publicados entre 2014 e 2015), por proporcionar evidências mais atuais do fazer científico, além de possibilitar a abordagem de temas do momento ligados ao cotidiano dos alunos.

Para escolha dos textos realizamos uma “leitura flutuante”, buscando identificar palavras identificadoras que remetam a práticas contemporâneas da ciência, tais como: artigos, publicações, revistas, investimento, aplicações, colaboração, empresa, economia, divulgação, reconhecimento, aceitação etc. Essa escolha justifica-se pelo fato de ser coerente com o referencial teórico adotado.

Os textos inicialmente selecionados a partir desses critérios estão descritos no Quadro 3.1.

Quadro 3 1- Lista de textos da revista *Pesquisa FAPESP* selecionada como corpus analítico.

Nº	Título	Autores	Volume, páginas, ano
Texto 1	Despertar precoce	ZORZETTO, R.	v.215, p.44-49, 2014
Texto 2	Conexões dinâmicas	ZOLNERKEVIC, I.	v.218, p.74 a 79, 2014
Texto 3	Depressões por inflamação	PIVETTA, M.	v.219, p.44 a 47, 2014.
Texto 4	Tempestades no vácuo	ZOLNERKEVIC, I.	v.220, p.32 a 37, 2014.
Texto 5	Um bacilo muito agressivo	ZORZETTO, R	v.222, p.38 a 41,2014
Texto 6	Filtro imperfeito	FIORAVANTI, C	v.223, 46 a 49,2014
Texto 7	Como explicar um coração tão dividido	FIORAVANTI, C.	v.224, 48 a 53. 2014
Texto 8	Correr faz bem!	GUIMARÃES, M	v.225, 44 a 47. 2014
Texto 9	Um perigo a mais do sol	STAM, G	v.227, 50 a 52. (2015)
Texto 10	Um segredo da paternidade.	GUIMARÃES, M	v.228, 50 a 532015

Fonte: próprio autor

Para a análise empreendida nesta pesquisa escolhemos dois textos, dos dez selecionados. O Texto 7, “Como explicar um coração tão dividido” e o texto 8 “Correr faz bem”. A escolha desses textos deve-se ao fato de serem os mesmos adotados na segunda etapa da pesquisa (aplicação e análise de atividade mediada pelo uso de TDC). Além disso, os dois textos foram escolhidos pelo fato de abordarem assuntos que se aproximavam do conteúdo trabalhado em sala de aula.

Após seleção desses textos, passamos à fase de análise dos mesmos, conforme o referencial metodológico descrito a seguir.

3.1.3 Análise Textual Discursiva

Utilizamos como metodologia de análise dos dados a Análise Textual Discursiva (ATD), conforme descrita por Moraes e Galiazzi (2011). Segundo os autores, ATD compreende uma metodologia de análise de dados qualitativos que tem por finalidade produzir novas compreensões sobre discursos e fenômenos, representando um movimento de caráter hermenêutico e inserindo-se entre os extremos da análise de conteúdo e análise de discurso. Para explicar os autores fazem uso de uma metáfora:

Análise de Conteúdo e Análise de Discurso podem ser compreendidas como exercícios de se movimentar num rio. A primeira assemelha-se a movimentar-se *rio abaixo*, a favor da correnteza. Já a Análise de Discurso corresponde a se movimentar *rio acima*, contra o movimento da água. A Análise Textual Discursiva pode tanto inserir-se num como no outro desses movimentos. (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 142)

Esta metodologia de análise está organizada em várias etapas. A primeira a *desmontagem dos textos*, denominada de *unitarização*, que envolve uma análise mais detalhada dos materiais em estudo, subdividindo-os até se chegar a unidades constituintes. Nessa fase, uma condição necessária é o estabelecimento de uma relação íntima e aprofundada do pesquisador com seus dados.

Em seguida segue a segunda etapa, o *estabelecimento de relações ou categorização*, na qual é necessário combinar e classificar as unidades obtidas na fase anterior para que possam ser agrupadas de maneira mais complexa, ou seja, em categorias de análise. Essa fase caracteriza-se por um processo de comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial de análise, levando ao agrupamento de elementos semelhantes (MORAES; GALIAZZI, 2011).

A categorização é o movimento construtivo de uma ordem diferente do original. Na Análise Textual Discursiva, o processo de categorização das unidades de significados caracteriza-se por três propriedades, as quais dizem respeito a: 1ª) validade ou pertinência; 2ª) homogeneidade; e 3ª) a não exclusão mútua.

A primeira propriedade está ligada à representatividade das descrições e interpretações feitas dos dados por meio do conjunto de categorias. Estas precisam ser válidas e pertinentes aos objetivos da análise, bem como representar os dados em relação à fundamentação teórica adotada pelo pesquisador.

A segunda propriedade diz respeito à homogeneidade, ou seja, “as categorias de um mesmo conjunto precisam ser construídas a partir de um mesmo princípio, de um mesmo

contínuo conceitual” (MORAES, 2011, p.26). Sobre essa propriedade, o autor ressalta que, dependendo da complexidade dos dados, podemos construir vários conjuntos de categorias e subcategorias, entretanto cada conjunto deve ser homogêneo.

A terceira propriedade apontada pelo autor diz respeito à “exclusão mútua”. Entretanto esse autor não concorda que seja necessário acontecer uma exclusão mútua entre as unidades de significado. Moraes e Galiazzi afirmam que,

Uma mesma unidade pode ser lida de diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, dependendo do foco ou da perspectiva em que seja examinada. Por essa razão aceitamos que uma mesma unidade possa ser classificada em mais de uma categoria, ainda que com sentidos diferentes (MORAES; GALIAZZI, 2011, p.27).

Na fase de *captação do novo emergente*, uma vez impregnado com os dados e com a combinação da análise das etapas anteriores é possível desenvolver um maior entendimento do todo. Por último o processo de auto-organização, apresentado como um processo racionalizado e planejado a partir do qual novas concepções poderão surgir. Nessa fase, o pesquisador se esforça em expressar suas intuições e novos entendimentos a partir da sua rigorosa e ostensiva análise dos dados.

A validade e confiabilidade dos resultados de uma análise, segundo Moraes (2011), depende do rigor com que cada etapa da análise foi construída, uma vez que “uma unitarização e uma categorização rigorosas encaminham para metatextos válidos e representativos dos fenômenos investigados” (p. 206).

Na ATD, a categorização pode ser feita *a priori*, isto é, com base no referencial teórico. Neste caso, as unidades presentes no *corpus* analítico são “classificadas” em tais categorias. Também é possível a elaboração de categorias que emergem da análise do *corpus*. Em alguns casos, o pesquisador pode lançar mão do método misto: empregando categorias *a priori* e elaborando novas categorias (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Dessa forma, adotando-se este método analítico, os textos de divulgação selecionados para este estudo foram dissecados em unidades de significação e, em seguida, buscou-se agrupá-los em categorias que emergiram da análise dos textos numa estreita relação com o referencial teórico.

Após essa etapa de seleção e análise do TDC da revista Pesquisa FAPESP, a etapa seguinte foi a elaboração, aplicação e análise de uma atividade pautada no uso desses textos com o intuito de abordar aspectos da sociologia da ciência em sala de aula. Essa etapa da

pesquisa e os respectivos procedimentos metodológicos adotados estão descritos no tópico a seguir.

3.2 Aplicação de atividade didática para abordagem da sociologia da ciência em sala de aula

Para a abordagem da sociologia da ciência em sala de aula, realizamos uma atividade pautada na leitura dos textos da revista *Pesquisa FAPESP* analisados na etapa anterior, seguida de uma produção de história em quadrinhos (HQ) pelos próprios alunos, a qual foi inspirada na reportagem trabalhada em aula. Nos tópicos a seguir tecemos alguns apontamentos sobre a produção de HQ como estratégia didática e, em seguida, detalhamos a atividade aplicada, bem como os procedimentos metodológicos para análise das HQ produzidas pelos alunos.

3.2.1. A elaboração de Histórias em Quadrinhos como estratégia didática

As HQ são potencialmente ricas quanto à capacidade de motivar os alunos em relação ao gosto pela leitura, bem como no despertar para criatividade, do seu lado artístico e crítico, contribuindo, portanto, no entendimento e/ou manifestação de certos conceitos e abstrações (CASTRO; PAIXÃO, 2015). A construção das HQ oportuniza o encontro artístico e intelectual do aluno, permite que tenha voz e consiga expressar sentimentos em relação ao que aprendeu ou como quer aprender.

Segundo Batista (2010), “as histórias em quadrinhos são repletas de vozes” (p. 11). De acordo com o autor, as vozes motivam desenvolvimento da narrativa e de imaginação do leitor. Além das vozes, as HQ utilizam imagens, gestos e situações do dia a dia, auxiliando na confecção e no entendimento da produção textual. A partir de uma linguagem que perpassa os diversos campos da atividade humana, as HQ utilizam enunciados e fatos que modelam situações sociais, assemelhando aos contextos de cada época.

Há autores que apontam que a elaboração de HQ pelos alunos auxilia no processo da aprendizagem. Gontijo et al (2014), com intuito de motivar o estudo da química com alunos do Ensino Médio, fez uso da produção de HQ na sala de aula e verificou o quanto essa estratégia auxiliou no entendimento, bem como o gosto pela disciplina. Nas palavras das autoras,

Além da leitura em sala de aula ou como atividade extraclasse, a produção de HQ pelos próprios estudantes é também uma importante estratégia didática no sentido de possibilitar ao aluno criar, produzir e elaborar roteiros sobre o conteúdo escolar. Intrinsecamente, desperta e aguça o interesse, uma vez que, para confeccionar uma história, o aluno deverá pesquisar, ler e organizar suas ideias a fim de que sua HQ fique chamativa e interessante. Desse modo, a produção textual possibilita um aprendizado mais agradável e significativo. (GONTIJO et al, 2014, p.2)

A estratégia utilizada proporcionou uma maior aproximação dos alunos ao texto de divulgação trabalhado. Além de estimular o lado criativo do estudante, possibilitou compreender melhor a prática da ciência.

Adotamos a elaboração de HQ pelos alunos como estratégia didática devido a alguns aspectos típicos desse tipo de linguagem. Primeiro, conforme destacado por Silva (2001), nas HQ há uma harmonia entre imagem e texto que, por meio do encadeamento de quadros, narra uma história ou ilustra uma situação. Por meio dos quadrinhos se observa o uso de dois códigos: o linguístico e o das imagens. Podendo ser analiticamente separados, mas são complementares para a leitura dos quadrinhos. Dessa forma, acreditamos que a leitura que os alunos fizeram dos TDC trabalhados em sala de aula poderia ser expressa tanto na forma imagética, quanto textual.

Nesse sentido, refletindo sobre a importância da escola na formação de indivíduos competentes para a sociedade, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) destacam: que é “[...]necessário que a escola garanta um conjunto de práticas planejadas com o propósito de contribuir para que os alunos se apropriem dos conteúdos de maneira crítica e construtiva” (BRASIL, 1997, p. 33).

A produção da HQ em sala exibe um caráter mais descontraído, revelando ao aluno a possibilidade de aprender de forma mais divertida. O uso dessa estratégia proporcionou uma melhor compreensão do assunto em questão, além de possibilitar descontração dentro da sala de aula.

3.2.2. Aplicação da proposta e coleta de dados

Nesta etapa da pesquisa aplicamos e analisamos uma atividade didática mediada pelo uso dos textos de divulgação da revista *Pesquisa FAPESP*.

A atividade didática realizada foi pautada no uso de dois textos de divulgação científica da revista *Pesquisa FAPESP*: “Como explicar um coração tão dividido” (Texto 7) e “Correr faz bem!” (Texto 8). Como a pesquisa foi realizada em uma turma na qual a pesquisadora é professora da disciplina de Biologia, esses textos foram escolhidos pelo fato

de abordarem algumas temáticas similares àquelas que estavam sendo trabalhadas como conteúdo didático no semestre. Cabe destacar que, além de possibilitar a abordagens de temas científicos relacionados à disciplina, a atividade foi também planejada com os objetivos de desenvolver nos alunos habilidades de leitura de TDC, bem como estimulá-los a reconhecer e analisar algumas práticas e características do trabalho na ciência veiculadas nesses textos.

Os sujeitos dessa investigação foram 28 alunos do 1º ano do Ensino Médio, do turno matutino de uma Escola Estadual do Sul de Minas Gerais. Ao todo foram utilizados 8 horas/aula para a coleta de dados que compreendeu as seguintes etapas:

- Mobilização
- Leitura individual
- Leitura coletiva – junto com o professor, gerando discussões sobre o texto
- Produção de histórias em quadrinhos (HQs) inspiradas nos TDC

Inicialmente foi necessário mobilizar os alunos para que se sentissem motivados, integrantes desse processo e, conseqüentemente, participassem das atividades propostas. Nesse sentido, buscou-se o conhecimento prévio dos alunos, com intuito de demonstrar a capacidade que os estudantes têm na participação de uma aula, pois sabem posicionar-se sobre determinado assunto. Nessa etapa foram realizadas discussões sobre a ciência e sobre o cientista, a fim de aproximar os estudantes do tema da atividade didática.

Na aula seguinte, os dois textos da revista *Pesquisa FAPESP* foram entregues aos alunos. Vale destacar que foi entregue o texto 7 para a metade da sala e o texto 8 para outra metade. Optamos por trabalhar com dois textos afim de proporcionar um maior contato dos estudantes com TDC, além do fato dos textos se complementam no conteúdo trabalhado em sala de aula. Nesta etapa, foi solicitado que fizessem leitura individual do texto recebido, a fim de permitir um primeiro contato e que ficassem atentos, anotando dúvidas e questionamentos sobre o texto.

Na etapa seguinte sugeriu-se uma leitura coletiva, na qual alunos e professor interagiram para facilitar o entendimento dos textos. Essa leitura fez-se necessária para ampliar a compreensão dos alunos, estimulando-os a discutir os pontos que julgaram mais interessantes no artigo. Foi feita a leitura dos dois textos, proporcionado a todos os alunos o contato com os dois textos. O professor mediou essa etapa com propósito de aproximar ainda mais os estudantes do tema “ciência e cientista”. Por meio dessa leitura, buscou-se um olhar sobre o cientista, sua área, seja a universidade ou a indústria, seus interesses e perspectivas de trabalho, suas dificuldades e medos, comentários sobre sua família ou não, colaboradores e

investidores, entre diversas outras características relativas ao cientista e ao funcionamento da ciência.

Acreditamos que a leitura dos textos estruturou a atividade, aproximando ainda mais os alunos do texto e facilitando a mediação do professor. No entanto, coube ao professor organizar situações de ensino que possibilitassem ao aluno ser mais crítico e reflexivo, conduzindo o a capacidade de questionar e opinar. Como última etapa, foi solicitado aos alunos que elaborassem histórias em quadrinhos (HQ) inspiradas nas leituras e discussão prévias dos textos.

Solicitamos que os alunos fizessem a tarefa de elaboração de HQ em duplas ou trios. Esse pedido é justificado pelo fato de acreditarmos que uma interação entre colegas pode facilitar o processo da produção da atividade. Cada dupla fez a HQ com base no texto que leu individualmente.

3.2.3 Análise das HQ

Ao todo foram produzidas na atividade descrita anteriormente oito HQ referentes ao texto 7, “Como explicar um coração tão dividido”, e quatro HQ inspiradas no texto 8, “ Correr faz bem! ”. Dentre essas, selecionamos apenas duas, uma referente ao texto 7 e outra referente ao texto 8. A escolha das duas HQ se deu de forma simples e aleatória. Esse recorte foi necessário a fim de nos adequarmos ao tempo e espaço disponível para elaboração dessa dissertação.

Selecionamos para estudo esse material produzido pelos alunos por acreditarmos que esta forma de linguagem poderia expressar de forma livre algumas de suas compreensões sobre a leitura e discussão dos TDC.

Levamos também em conta que tal produção, além da presença do texto escrito – os balões de fala dos personagens da HQ, por exemplo –, está intimamente associada ao traçado imagético (o desenho) produzido pelo aluno. Dessa forma, adotamos como referencial metodológico para análise das HQ a semiótica de análise de imagens, conforme descrita por Penn (2013).

De acordo com Penn (2013), a semiologia oferece ao analista um conjunto de instrumentos conceituais para se abordar uma diversidade de sistemas de signos – como moda, arquitetura, cardápios, produtos publicitários, histórias de fadas, etc. – no intuito de descobrir como eles produzem sentido. A autora descreve alguns procedimentos para análise de imagens, os quais foram adaptados para os objetivos de nossa pesquisa. Tais

procedimentos analíticos abarcam os seguintes passos: a) inventário denotativo de cada quadro da HQ; e b) análise de significação conotativa da HQ.

O inventário denotativo correspondeu à identificação dos elementos de cada quadro da HQ, por meio de anotações detalhadas sobre o traçado da imagem e sobre os textos nele incluídos. Nessa análise foram considerados elementos como, por exemplo: o cenário no qual os personagens estão inseridos (escritório, laboratório, sala de reuniões, objetos presente no espaço físico, etc.); os eventos característicos retratados na HQ; os textos (diálogos, mensagens, etc.); as expressões faciais, o sexo, as vestimentas, a idade aparente dos personagens. Dessa forma, cada elemento da HQ foi dissecado em unidades menores, realizando-se uma espécie de catalogação do sentido literal do material.

A etapa seguinte foi uma análise de significação conotativa de cada HQ, a qual correspondeu ao estudo dos níveis de significação dos elementos identificados no procedimento anterior. Nessa etapa, buscamos compreender o que cada elemento presente no inventário denotativo conota, como esses elementos se relacionam uns com os outros na produção de sentidos e, sobretudo, quais as associações que eles podem estabelecer com referencial teórico adotado (a sociologia da ciência). Dessa forma, buscamos agrupar tais elementos em categorias analíticas que emergiram dessa análise, a fim de que pudéssemos estudar que práticas da ciência foram expressas nesses materiais produzidos pelos alunos e se estes estabelecem relações com a maneira como a ciência é descrita na perspectiva teórica adotada. Em alguns casos, outros aspectos da prática da ciência que julgamos relevante na análise das HQ, ainda que não explicitados na obra de Latour e Woolgar, também foram considerados na interpretação dos dados.

Os resultados obtidos tanto na análise dos TDC, inicialmente selecionados, quanto na análise das HQ produzidas pelos estudantes estão apresentados no capítulo a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos TDC da revista Pesquisa FAPESP

4.1.1 Análise do texto “Como explicar um coração tão dividido”

O artigo “Como explicar um coração tão dividido” (Anexo A) apresenta a investigação realizada no projeto “Evolução e desenvolvimento das câmaras cardíacas” (FIORAVANTI, 2014). A pesquisa já vinha acontecendo praticamente há duas décadas e teve como objetivo entender a formação e a evolução do coração humano. Utilizando pequenos peixes (chamados zebrafish), José Xavier Neto, pesquisador do Instituto do Coração (InCor) da Universidade de São Paulo (USP), juntamente com uma equipe de pesquisadores vêm examinando a formação de câmaras internas do coração (átrios e ventrículos). Segundo eles, essa formação pode ser resultado da ação do ácido retinóico.

A pesquisa está inserida num contexto de arremetimento, que leva ou não ao sucesso da empreitada. O texto de divulgação retrata a considerável insistência do pesquisador ao investigar sobre a evolução do coração humano. Esse aspecto é evidenciado em alguns fragmentos desse texto de divulgação que revelam que os resultados da pesquisa requereram meses de muito trabalho e, portanto, não são oriundos de uma eventual “descoberta” (Trecho 1):

Depois de meses examinando os mecanismos de ativação de genes nos músculos do coração do minúsculo zebrafish, José Xavier Neto e sua equipe concluíram uma série de experimentos [...] (Trecho 1),

A presença de uma equipe para a realização dos trabalhos da pesquisa também é verificada no texto, conforme evidencia o trecho 2, a seguir:

José Xavier Neto e sua equipe concluíram uma série de experimentos que reforçaram sua hipótese. (Trecho 2).

Assim, para dar andamento a sua pesquisa, Xavier trabalhou com uma equipe, fazendo e refazendo experimentos, e testando hipóteses. Nesse sentido, o texto permite

colocar em destaque um aspecto essencial do trabalho na ciência: a colaboração entre os pares. Essa imagem de trabalho colaborativo na ciência, expressa sutilmente no texto, pode contribuir na reconstrução de visões comuns entre alunos do Ensino Médio, a de que o cientista trabalha de forma isolada (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002). No texto de divulgação em questão esse aspecto pode ser também encontrado no trecho 3, a seguir:

Xavier demorou cinco anos até montar sua própria equipe e o laboratório de que precisava para retomar o ritmo de trabalho que desejava. ‘Se ficar sozinho, está perdido’, ele conclui. ‘Network é tudo’. (Trecho 3)

Segundo Latour, a ciência é produzida coletivamente, existem associações em diferentes níveis, sociais, técnicas ou financeiras. O coletivo é uma ação realizada por diferentes tipos de forças que se entrelaçam, formando uma rede (LATOURE; WOOLGAR, 1997). Além disso, podemos perceber também no trecho 3 a presença de humanos e não humanos, quando ele fala ‘equipe e o laboratório’, ou seja, encontramos pessoas (humanos) e máquinas, instrumentos, textos etc. (não humanos).

A importância do trabalho coletivo é enfatizada no texto quando Xavier complementa “se ficar sozinho, está perdido”. Portanto, essa afirmação evidencia que são necessárias outras pessoas para que aconteça a produção científica. Nessa perspectiva Chauí destaca que

hoje, os cientistas trabalham coletivamente, em equipes, nos grandes laboratórios universitários, nos dos institutos de pesquisa e nos das grandes empresas transnacionais que participam de um sistema conhecido como complexo industrial militar. As pesquisas são financiadas pelo Estado (nas universidades e institutos), pelas empresas privadas (em seus laboratórios) e por ambos (nos centros de investigação do complexo industrial-militar). São pesquisas que exigem altos investimentos econômicos e das quais se esperam resultados que a opinião pública nem sempre conhece. Além disso, os cientistas de uma mesma área de investigação competem por recursos, tendem a fazer segredo de suas descobertas, pois dependem delas para conseguir fundos e vencer a competição com outros. (CHAUI, 2000 p.359)

Nessa perspectiva, Ribas e Aires (2012) procuraram verificar o que pensavam os alunos sobre a existência ou não de colaboração entre os cientistas, fazendo uso de texto histórico, como cartas trocadas entre os pesquisadores Christian Friedrich Schonbein e Jons Jakob Berzelius. Os autores buscaram demonstrar, por meio de discussões de trechos das cartas, “de que a ciência é uma construção humana, de que a ciência é provisória, de que a

ciência é feita de forma colaborativa, ou seja, que não é feita por pessoas de forma isolada” (RIBAS; AIRES, 2012, p.4). Ao final da investigação, constataram um aumento considerável de alunos que afirmaram existir colaboração entre os cientistas.

No texto de divulgação da revista *Pesquisa FAPESP* verificamos também evidências de que, além da sua equipe, há interesse de outros pesquisadores na temática. Esse aspecto pode ser observado quando o texto menciona que o tema em questão tem sido estudado por pesquisadores de outras instituições, conforme podem ser observados nos trechos a seguir:

Os estudos da equipe de Campinas e outros nessa linha estão ajudando a entender a origem de problemas cardíacos associados ao ácido retinóico, um derivado da vitamina A bastante usado em cosméticos. (Trecho 4, grifo nosso)

Em 2011, pesquisadores da Universidade Duke, Estados Unidos, mostraram que o ácido retinóico, por causa de sua capacidade de induzir a multiplicação celular, facilitava a regeneração do endocárdio, a camada interna do coração. (Trecho 5)

Nesses trechos 4 e 5 percebemos claramente que o texto de divulgação evidencia que os estudos que buscam entender as relações entre o ácido retinóico e o coração são desenvolvidos não apenas pelos pesquisadores da USP, mas também por cientistas de outras instituições, inclusive do exterior. Esse aspecto revela uma importante faceta do processo de construção da ciência: os interesses comuns de pesquisadores favorecem a construção dos fatos científicos. Conforme Latour (2000), para a afirmação ser transformada em fato científico, o trajeto vai da pesquisa científica até ao conhecimento construído (não mais provisório), por meio das negociações dentro e fora dos laboratórios, nas quais a teoria dos interesses é também uma das peças para o jogo da Ciência de transformar dada afirmação em fato. Nesse trajeto, podem aparecer pessoas interessadas na suposta afirmação e que invistam no projeto, bem como aqueles grupos com interesses semelhantes, que competem entre si.

Percebe-se, portanto, que tais elementos presentes no texto de divulgação científica possibilitam, ainda que sutilmente, evidenciar um cenário de produção científica e de conhecimento, envolvendo universidades, centros de pesquisas e pesquisadores. Latour e Woolgar (1997) ressaltam que o relacionamento entre quem está dentro e quem está fora do laboratório é preso por uma complexa rede de elos de dependência e autoridade. Os autores

completam que o laboratório não passa apenas de um ponto nessa rede e enfatizam que o fato científico só adquire um significado imerso na rede.

Outro ponto relativo à prática da ciência que pode ser evidenciado no texto de divulgação científica analisado é a importância das publicações. Segundo Latour (2000), por meio desse instrumento, os cientistas compartilham-se informações para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social, uma vez que a divulgação dos resultados de pesquisas e relatos de experiências de campo são essenciais para a empreitada da ciência. Contudo, é indiscutível a importância da publicação de artigos no meio acadêmico como fator que impulsiona o ciclo de credibilidade do pesquisador. Essa importância aparece no seguinte trecho do texto:

Com experimentos mais recentes, assim que forem publicados, Xavier pretende reforçar sua hipótese [...]. (Trecho 6)

Conforme destaca o texto, por meio das publicações, Xavier pode expor suas ideias, os resultados obtidos e as novas percepções sobre o tema de estudo dentro da literatura, fortalecendo assim seus argumentos e transformando seus dados em fatos aceitos pela comunidade científica.

O trecho 6 nos remete, portanto, à importância das publicações para o pesquisador, no sentido de que, por meio delas, ele passa a ser aceito e reconhecido entre seus pares. Segundo Latour (2000), na comunidade científica, as publicações adquirem grande importância, principalmente os artigos publicados em revistas científicas especializadas reconhecidas na área. Latour e Woolgar (1997) enfatizam o valor e a importância do artigo científico não apenas na consolidação de uma ciência enquanto tal, mas também na avaliação da atuação do cientista dentro do campo científico. Os autores afirmam que “os atores reconhecem que a produção de artigos é a finalidade essencial de sua atividade” (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.70).

Vale ressaltar que a aceitação de trabalhos pela comunidade científica e a revisão por pares torna mais confiável a publicação. Essa ação dos pares tem um papel essencial na publicação científica. Nesse sentido, o pesquisador em questão é consciente no que se refere à verificação da viabilidade da sua pesquisa e necessidade de que ela seja aceita entre os pares. Esse aspecto pode ser evidenciado no trecho a seguir:

Mesmo agora, com mais argumentos, Xavier sabe que terá de batalhar muito para fazer sua visão prevalecer; se não conseguir, poderá ser desconsiderada ou mesmo esquecida. (Trecho 7)

Outra questão observada na análise do texto é a preocupação do pesquisador em persuadir seus pares, isto é, convencê-los sobre a importância do trabalho que estão fazendo. Nesse contexto, vale ressaltar o papel dos dados da pesquisa no convencimento do leitor. Para tentar provar hipóteses e ter credibilidade dentro da comunidade científica, Xavier destaca a importância de tais aspectos, conforme é revelado no trecho a seguir:

Uma argumentação coerente, porém, não era o bastante. ‘Eu sabia, que ainda teria de provar minhas hipóteses’, diz. ‘Tive de esperar seis anos até refazer os experimentos e mostrar o papel do ácido retinóico’. (Trecho 8)

O trecho 8 do texto de divulgação expressa, por parte do pesquisador, a necessidade de provar o que foi argumentado. Os dados da pesquisa tornam-se, nesse sentido, um elemento de persuasão, a fim de convencer seus pares a aceitar as ideias do pesquisador. Conforme Latour e Woolgar (1997) “a produção de dados confiáveis [...] é um meio de ativar o ciclo de credibilidade” (p.225) e de pôr em movimento o “comércio da ciência” (p.262). Os autores destacam que a credibilidade se baseia na capacidade que os pesquisadores têm para efetivamente praticar ciência. Nesse sentido, o texto de divulgação expressa uma perspicaz responsabilidade no fazer científico, demonstrando que o pesquisador está consciente das suas ações futuras, para permanecer nessa empreitada.

Considerando o contexto da produção do conhecimento, em alguns casos, há uma luta concorrencial entre os pesquisadores pela obtenção desse prestígio e o periódico científico pode ser considerado uma arma poderosa, dentro do campo científico. O movimento das publicações leva ao prestígio científico e conseqüentemente ao capital científico, foco de todo pesquisador (LATOURE, 2000). Pensando nessa luta que é travada por alguns pesquisadores, vale destacar um trecho em que aparece uma equipe com resultados distintos daqueles defendidos por Xavier:

Em 2008, um artigo da equipe de Débora Yelon, atualmente na Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos, amenizou

o papel do ácido retinóico, que estaria associado apenas ao tamanho do coração, e valorizou a proteína produzida a partir do gene Hox-B5, que também atua na formação do intestino e dos pulmões, com base em experimentos em zebrafish. [...] ‘Quando vi esse paper’, lembra-se Xavier, ‘quase chorei’. ‘Por causa da situação de meu trabalho em 2008’, diz Xavier, ‘eu sabia que iria demorar para contestar’. (Trecho 9)

Latour (2000), em sua análise sociológica da construção da ciência, refere-se à sobrevivência de uma afirmação, indagando como será a visão dos outros, como se sucederão ou quanto ela será aceita como “verdade”; e afirma: “o status de uma afirmação depende das afirmações ulteriores [...] seu grau de certeza é tornado mais ou menos, dependendo da sentença seguinte que a retomar”. (LATOURE, 2000, p.50). O autor complementa questionando: “Quem está certo? Em quem se deve acreditar? A resposta a essa pergunta não está em nenhuma das afirmações, mas naquilo que todos irão fazer com elas, daí por diante” (p.51). Nesse contexto, o trecho 9 relata uma possível “batalha” na literatura científica.

Além disso, o trecho 9, em que se relata a fala do pesquisador “Quando vi esse paper, quase chorei”, também é interessante no sentido de mostrar uma faceta da ciência, raramente exposta nos veículos de comunicação clássicos: o aspecto humano do cientista, passível de sensibilizar-se diante de incertezas e dificuldades enfrentadas durante sua pesquisa.

No texto de divulgação encontramos outras questões que transmitem uma imagem de mais humana do fazer científico, como aquelas observadas nos trechos a seguir:

‘Mesmo se fracassar, pensei, já sou grato por observar o desenvolvimento do embrião’ [...] eu estava começando na biologia do desenvolvimento. (Trecho 10)

Incapaz de se aquietar, em agosto ele[o pesquisador] percorreu outra vez a chapada do Araripe, no Ceará, em busca de fósseis de peixes com idade média de 120 milhões anos. (Trecho 11, grifo nosso)

Outro aspecto da prática da ciência observado no texto analisado foi a importância atribuída aos títulos e experiências do pesquisador como um aliado na empreitada da ciência. No referido texto podemos encontrar trechos que demonstram essa importância,

Xavier, carioca formado em medicina pela Universidade Federal do Ceará. (Trecho 12)

Em 2005, como pesquisador do Instituto do Coração (InCor) da Universidade de São Paulo (USP). (Trecho 13)

Percebe-se, portanto, que o texto de divulgação destaca a titulação e a experiência de Xavier reportando a importância para a pesquisa em questão. Essa informação pode sugerir ao leitor (ou mesmo aos pares) que a pesquisa abordada no texto foi desenvolvida por pesquisadores que já têm experiência sobre o assunto. Latour e Woolgar (1997), no que se refere ao investimento na carreira acadêmica, e a fim de demonstrar sua importância no convencimento dentro da comunidade científica, destaca que “[...] os diplomas de um pesquisador constituem um capital cultural que é o resultado de investimentos múltiplos em termos de dinheiro, de tempo, de energia e de capacidade” (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p. 236). Por meio do *curriculum vitae* pode-se ver uma lista de qualificações do pesquisador, que Latour chama de “credibilidade do pesquisador”. Nesse sentido, esse *curriculum* ocupa papel essencial, visto que ele se encontra relacionado diretamente com a prática científica/acadêmica do pesquisador.

Outro aspecto que também aparece no texto de divulgação em discussão é o argumento de autoridade. Oliveira e Queiroz (2012) apontam que a incorporação de autoridades no texto científico favorece o autor dando-lhe credibilidade. Essa prática pode ser evidenciada nos trechos a seguir:

‘O ácido retinóico é de fato um ator-chave na formação das câmaras cardíacas’, observa Didier Stainier, coordenador de uma equipe da Universidade da Califórnia em São Francisco (UCSF), que estuda a formação do coração em zebrafish. [...] (Trecho 14)

Segundo ele, Xavier ‘tem estado na vanguarda dessas investigações que, sem dúvida, levarão a insights adicionais sobre o processo de desenvolvimento do coração’. (Trecho 15)

Relevante destacar que o texto de divulgação científica menciona no trecho 14 a presença de outro pesquisador, “Didier Stainier, coordenador de uma equipe da Universidade da Califórnia em São Francisco”, o qual funciona nesse contexto como um argumento de autoridade. Fica evidente que a utilização de aliados dos textos científicos é uma estratégia de fortalecimento para pesquisa em questão. Além de mencionar tal autoridade, o texto analisado ainda destaca no trecho 15 a afirmação do outro pesquisador, o qual diz que “Xavier tem estado na vanguarda dessas investigações”. Essa afirmação também funciona como elemento persuasivo, aumentando a credibilidade de Xavier.

O texto analisado nos proporcionou verificar muitos aspectos da Sociologia da Ciência como o tempo de uma pesquisa, em que o cientista em questão levou anos para chegar a resultados. Tais resultados foram possíveis devido a colaboração entre pares. Essa imagem de trabalho colaborativo pode auxiliar na reconstrução de visões comuns entre os alunos, como o trabalho individual do cientista. Nesse TDC também encontramos humanos e não humanos, o interesse de outros pesquisadores, o lado de dentro e de fora do laboratório, a importância das publicações, a arte da persuasão, títulos e experiências. O aspecto humano do cientista também aparece, passível de sensibilizar-se diante de incertezas e dificuldades na pesquisa.

Cabe mencionar que a divulgação científica chega até nossos estudantes por diferentes veículos. No entanto, nem todos os aspectos de uma ciência em construção são facilmente visíveis ou, em muitos casos, aparecem de forma distorcida de seu real funcionamento (CACHAPUZ et al., 2005). Nesse sentido, tais questões presentes no texto de divulgação científica analisado podem auxiliar no ensino sobre ciências, contribuindo para uma análise crítica e reflexiva da construção do conhecimento científico e da imagem que os estudantes têm sobre o cientista. De acordo com Diniz e Schall (2003), muitos estudantes têm a imagem de um cientista calculista, frio e sem emoções.

Vianna e Carvalho (2001) apontam que, caracterizando o processo de produção do conhecimento científico como socialmente construído, o professor pode perceber, entre outros aspectos da prática da ciência, que fazer experimentos não é o único objetivo dos pesquisadores. Elas destacam que trabalhar “a construção da ciência certamente é um dos melhores caminhos para a melhoria do seu ensino” (VIANNA, CARVALHO, 2001, p.18).

4.1.2 Análise do texto “Correr Faz bem”

“Os exercícios aeróbicos combatem os efeitos nocivos das doenças respiratórias”: esse é o tema central do artigo “Correr faz bem” (Anexo B) que relata o trabalho de Rodolfo de Paula Vieira, da Universidade Nove de Julho (GUIMARÃES, 2014). O referido texto de divulgação científica propõe um olhar bastante minucioso sobre o trabalho de um pesquisador e seus colaboradores. Sua trajetória foi demonstrada de forma intensa no artigo, ressaltando suas titulações, experiências, parcerias e os recursos que tem recebido para permanecer na pesquisa.

O autor do texto ressalta que não é recente o esquivamento de práticas esportivas por parte dos asmáticos e alerta que é um equívoco essa fuga dos exercícios físicos (GUIMARÃES, 2014). O equívoco destacado, nos leva a refletir sobre o mal-entendido que muitas vezes conduz a uma investigação. Nesse sentido, cabe mencionar uma característica importante do conhecimento científico, a provisoriabilidade da ciência, implícita no trecho 16:

[...] os asmáticos a se esquivarem de práticas esportivas parece estar bastante baseada num engano, conforme vem mostrando o trabalho de Rodolfo de Paula Vieira [...] o pesquisador graduado em educação física vem mostrando e detalhando como o exercício aeróbico combate os efeitos nocivos de doenças respiratórias. (Trecho 16)

Considerando reflexões sobre uma ciência baseada na verdade e no conhecimento absoluto, o trecho, mesmo de forma tênue, revela que não existe um conhecimento verdadeiro e imutável. Werneck (2006) destaca que o conhecimento como um processo cumulativo não é mais aceitável. De acordo com a autora, existe uma constante revisão na ciência, decorrente da possibilidade de novos pontos de vista. Nesse sentido, o texto de divulgação científica teve cuidado em detalhar que o desvio dos exercícios físicos para asmáticos é permitido sim, conforme a investigação de Vieira. O pesquisador tem investigado o assunto e aponta seus resultados, refutando outras investigações.

O texto de divulgação deixa transparecer que os asmáticos fugiam de um esforço físico, acreditando que era o correto para o estado de saúde em questão. Pode se dizer que se desfazemos da ilusão de que a ciência aspira um conhecimento verdadeiro, o conhecimento científico seria sempre em aberto, e nunca definitivo. Nesse sentido, cabe mencionar as duas faces de Janus, figura mitológica citada por Bruno Latour (2000). O autor afirma que toda a

ciência é uma fabricação humana, apresentando duas faces, como as de Janus: de um lado mostra-se como uma jovem, em construção, lado dos fatos quentes, ainda moles, aspirando por validação num campo de disputas; e outra, madura, já estabelecida e tida como verdadeira, na medida em que as controvérsias em torno dos conteúdos em questão já cessaram, podendo-se fechar a “caixa preta” de um conjunto de ideias aceitas por todos.

Nessa perspectiva, o tema em questão está em processo de construção evidenciando, indícios de uma prática humana da ciência, sujeita de controvérsias e modificações, levando a refletir sobre ciência e senso comum, e como a ciência às vezes se contrapõem a algo distinto que está no senso comum.

Como já mencionado, o texto de divulgação foi minucioso nos detalhes sobre a titulação e experiências do pesquisador da pesquisa. Esses aspectos são encontrados em vários trechos do texto. Conforme exemplificado a seguir:

[...] mostrando o trabalho de Rodolfo de Paula Vieira, da Universidade Nove de Julho (Uninove). (Trecho 17)

Desde o doutorado, realizado na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) [...] (Trecho 18)

Nos últimos anos, em parte durante um pós-doutorado na Universidade de Friburgo, na Alemanha, Vieira vem mostrando os efeitos benéficos do exercício físico [...]. (Trecho 19)

Considerando a importância da influência do pesquisador na prática da ciência, bem como seu papel dentro da comunidade científica, o texto de divulgação coloca em destaque vários aspectos do trabalho do pesquisador e suas titulações, o que dá indícios de sua “credibilidade” e do seu “capital cultural”. Latour e Woolgar (1997) aplicam a noção de credibilidade às experiências dos pesquisadores, apontando que o “**curriculum vitae** de um pesquisador representa um balanço de todos os seus investimentos até o dia de hoje” (p.235). Os autores mencionam a lista de qualificação, presente no curriculum vitae, e a denominam de “credibilidade do pesquisador”.

Essa discussão também revela, mesmo que forma tênue, vestígios de um pesquisador que não fica apenas no laboratório. Conforme Latour “as pessoas que estão realmente fazendo ciência não estão todas no laboratório; ao contrário, há pessoas no laboratório porque muitas

mais estão fazendo ciência em outros lugares” (LATOUR, 2000, p. 267). O autor não vê os cientistas apenas em seu laboratório fechado, mas sim condicionados em redes de conhecimentos. Segundo ele, às vezes os pesquisadores parecem executivos, conspiradores ou mesmo guerrilheiros na forma diária como conduzem suas tarefas.

Considerando as diversas possibilidades que as titulações e experiências concedem ao pesquisador, no texto de divulgação, encontramos relatos da experiência do pesquisador Vieira, citando suas passagens pelas universidades Nove de Julho, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e Universidade de Friburgo na Alemanha, e nessa última fazendo pós-doutorado. Conforme Latour e Woolgar (1997) “os diplomas de um pesquisador constituem um capital cultural que é resultado de investimentos múltiplos em termos de dinheiro, de tempo, de energia e de capacidade” (p.236). A partir disso vale destacar que o texto em discussão trouxe evidências desse investimento por parte do pesquisador.

Considerando as publicações, vale ressaltar o quanto elas são fundamentais para o cientista. A autora do texto de divulgação realça a presença de publicações do pesquisador, evidenciando a valorização dos artigos científicos. Nos trechos abaixo destacamos esse aspecto, tão importante na comunidade científica.

[...] mostrando em artigo publicado em 2007, no American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine [...]. (Trecho 20)

“Em artigo publicado em junho deste ano na revista International Journal of Sports Medicine [...].” (Trecho 21)

“Os resultados, publicados em 2012 no European Respiratory Journal [...]. (Trecho22)

Latour e Woolgar (1997) apontam que a construção do conhecimento científico é como um processo para produzir inscrições (documentos) e fazer circular essas inscrições. Para os autores, os cientistas pertencem a uma "estranha tribo que passa a maior parte de seu tempo codificando, marcando, lendo e escrevendo", assim são profissionais que precisam "saber escrever, persuadir, discutir" (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 42). Por outro lado, "os artigos inscritos por outros autores constituem a literatura externa que alimenta - além das inscrições que saem do próprio laboratório - o processo de criação de novos artigos".

Conforme Droescher e Silva (2014), o registro na ciência é fundamental para expressar e conservar seus resultados, permitindo críticas positivas e negativas, aceitação ou não. As publicações científicas buscam divulgar a pesquisa para a comunidade, possibilitando que outros possam utilizá-la e avaliá-la sob outras visões. “A comunicação desses registros é ação ainda mais importante, condição pela qual se possibilita o alcance público, permitindo, assim, a apropriação desses por outros indivíduos e, conseqüentemente, a geração de mais conhecimentos” (DROESCHER; SILVA, 2014, p.171). De acordo com as autoras a comunicação é essencial ao avanço científico, destacando que é por meio dela que pessoas trocam informações e ideias para retroalimentação do processo científico.

Pode ser observada também no texto de divulgação a citação de aparelhos diversos e equipamentos que fornecem a estrutura necessária para o trabalho do pesquisador, os quais remetem ao conceito de inscrição literária, amplamente discutido na obra de Latour. Encontramos nos trechos a seguir evidências de inscrição literária e inscritesores, sendo toda escrita feita por eles, todos equipamentos e todas as pessoas que usam esses aparelhos.

‘Vamos ter também equipamentos para musculação e estrutura para colher sangue, saliva e escarro induzido para análises. ’ Tudo isso em um espaço considerável que obteve no campus da Uninove na rua Vergueiro, no bairro paulistano da Liberdade, um enorme prédio onde circulam diariamente 35 mil estudantes. (Trecho 23)

‘Esta centrífuga foi entregue semana passada’, contou o pesquisador enquanto ensinava alunos a operá-la. Até o final do ano, ele espera receber todo o equipamento que já adquiriu e ter condições completas de recrutar voluntários humanos para ceder esforço, escarro e sangue. (Trecho 24)

O cientista em discussão sabe que precisa de equipamentos, aparelhos, instrumentos para sequenciar sua investigação. Vieira menciona que é necessário receber os equipamentos na íntegra para poder atender humanos voluntários, para assim adquirir mais materiais para sua pesquisa. Para Latour, a ciência é uma construção ativa e coletiva. Ele destaca a importância dos elementos não humanos (materiais, equipamentos e artefatos de inscrição e armazenamento de dados).

Podemos considerar que o laboratório, assim com Latour afirma, pode ser um “sistema de inscrição literária”. “Na realidade, o laboratório distingue-se pela configuração particular dos aparelhos que chamamos de inscrites. O que os torna tão importantes é o fato de que nenhum dos fenômenos aos quais eles se referem poderia existir sem eles. [...]. Na verdade, os fenômenos dependem do material, eles são totalmente constituídos pelos instrumentos utilizados no laboratório” (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.61).

Diante da presença essencial dos inscrites e da inscrição literária, deve se ater a falar um pouco sobre o apoio financeiro recebido. O recurso financeiro para a realização da pesquisa é uma das preocupações que assombra os pesquisadores. Evidências desse aspecto podem ser encontradas no trecho abaixo:

Apesar da pouca tradição em pesquisa acadêmica, a universidade cedeu e está reformando as áreas necessárias ao estabelecimento do laboratório de Vieira graças aos recursos do projeto no Programa Jovem Pesquisador da FAPESP, que entrou em vigor neste ano.
(Trecho 25)

O apoio financeiro é fundamental para a evolução de uma investigação. Está claro a importância das áreas cedidas pela universidade para Vieira se estabelecer. Cabe destacar o Programa Jovem Pesquisador da FAPESP que forneceu os recursos para reforma do estabelecimento. Os equipamentos são essenciais, como já mencionamos. No entanto, é necessário o recurso financeiro para otimizar a prática científica. Latour e Woolgar (1997) enfatizam que a “informação é cara”: aí se inserem custos econômicos, tempo e energia do pesquisador (p.270).

Outro aspecto retórico de Latour que pode ser verificado nesta análise é a cautela. Nos trechos a seguir evidenciam-se esse aspecto,

Grande parte dessa proteína fica na circulação sistêmica e pode combater a inflamação onde for necessário, mas uma fração entra nos pulmões e se soma à produzida ali mesmo. (Trecho 26, grifo nosso)

[...], mas ainda é preciso esperar para ver se os experimentos com roedores refletem a realidade humana. (Trecho 27)

De forma implícita, a autora demonstra prudência do pesquisador que deixa claro que “pode combater”, e não afirma assertivamente que vai combater. Dessa forma, fica clara a cautela de Vieira em relação aos resultados da sua pesquisa. Em outro trecho ele ainda complementa que é preciso esperar, aguardar resultados dos experimentos com roedores. Assim, pode-se visualizar a presença da cautela citada por Latour quando o autor afirma que, com intuito de afastar, o mais que puder, as objeções do leitor, o cientista escreve com cuidado para proteger suas afirmações (LATOUR, 2000, p. 94).

O arregimento de aliados, parcerias e colaboradores também é retratado fortemente no texto de divulgação científica. A autora aponta parcerias e colaboradores na empreitada de Vieira. Esses aspectos aparecem nos trechos abaixo,

No caso do experimento, feito em parceria com Marisa Dolhnikoff e Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da FMUSP, os esportistas eram camundongos correndo em esteiras. (Trecho 28, grifo nosso)

Em colaboração com o grupo de Milton Martins, da FMUSP, Vieira participou de um estudo em que, ao longo de 24 semanas, camundongos [...]. (Trecho 29, grifo nosso)

Podemos comungar das ideias de Latour que “sem o alistamento de muitas outras pessoas, sem as sutis tática que ajustam simetricamente recursos humanos e não-humanos, a retórica da ciência é impotente” (LATOUR, 2000, p.239). A parceria com outros pesquisadores fortalece a pesquisa de Vieira.

“Todo cientista visa à consensualidade, ele deseja que o seu trabalho seja conhecido por seus pares e que eles se convençam do seu ponto de vista” (DROESCHER; SILVA, 2013). O reconhecimento e as premiações também são observados no texto de divulgação. Esses aspectos são encontrados nos seguintes trechos,

Os esforços de Vieira vêm sendo reconhecidos não só pela ampla rede de colaborações e grande número de publicações, apesar de estar em plena instalação do laboratório. Seu grupo foi o mais premiado no congresso da Sociedade Respiratória Europeia, que aconteceu em

setembro deste ano em Munique, Alemanha, com quatro prêmios recebidos. (Trecho 30)

Foi o primeiro trabalho do nosso grupo em infecção respiratória, conta o pesquisador, celebrando a boa acolhida no encontro internacional que reuniu cerca de 22 mil especialistas. (Trecho 31)

Como mencionado todo pesquisador deseja ser reconhecido. Nessa perspectiva a autora do texto demonstra de forma clara o reconhecimento do trabalho de Vieira, destacando que, recentemente, foi o grupo mais premiado. A troca de conhecimentos e informações entre cientistas tem como principais objetivos providenciar respostas para questões específicas, ajudar os cientistas a se manterem atualizados quanto a novos descobrimentos, auxiliar pesquisadores a encontrarem informações a respeito de um novo campo científico, além de mostrar as principais tendências em seu campo e dar importância ao seu próprio trabalho.

A análise desse texto nos permitiu verificar diversos aspectos da prática da ciência, tais como a importância dos colaboradores numa empreitada, a titulação e experiências do pesquisador, a provisoriedade da ciência, os artigos essenciais na vida do pesquisador. Podemos verificar ainda o lado de dentro e o lado de fora do laboratório, uma vez que o texto aponta equipamentos, aparelhos e instrumentos do laboratório, mas também destaca a necessidade de apoio financeiro e as diversas parcerias para um sucesso da pesquisa. Nesse sentido, há evidências concretas do trabalho coletivo do pesquisador. Além disso, o texto deixa claro outro aspecto da prática científica, o reconhecimento do pesquisador.

Conforme Flôr e Cassiani (2011), a presença da ciência e da tecnologia tem acontecido cada vez mais no cotidiano das pessoas, sendo necessário refletir sobre elas, uma vez que o conhecimento científico, a formação para a cidadania e as formas de leitura desses conhecimentos estão intimamente ligados.

O TDC em questão pode proporcionar uma maior aproximação dos estudantes a esse mundo da ciência, que em muitos casos pode estar distante, gerando visões distorcidas da prática da ciência. Nesse sentido, acreditamos que o texto possa contribuir com o ensino sobre ciências, permitindo ao estudante conhecer a empreitada de um cientista, seus colaboradores, a importância do apoio financeiro, a essencialidade do artigo e não menos importante mostrar aos alunos o lado humano do pesquisador. Acreditamos que essa aproximação de alunos do Ensino Médio com textos de divulgação possa amenizar as visões mistificadas sobre ciência e sobre cientista.

Uma vez identificadas tais características nos textos analisados, apresentamos a seguir os resultados obtidos a partir da aplicação de uma atividade didática em sala mediada pelo uso de tais textos.

4.2 Análises das histórias em quadrinhos (HQ)

Foram produzidas 12 HQ pelos estudantes na atividade mediada pelo uso de TDC, sendo oito HQ referente ao texto 7 e quatro HQ referente ao texto 8. Para essa dissertação analisamos duas Histórias em Quadrinhos (Anexos B e C), sendo uma HQ referente a cada um dos textos.

4.2.1 Análise da HQ “Os conhecimentos do José Xavier”

No primeiro quadrinho (Figura 4.1) destacamos inicialmente o título da HQ, no qual os alunos enfatizam mais o pesquisador que o tema da pesquisa. Encontramos também dois homens dentro de um laboratório. O local apresenta um aquário com alguns peixes, uma mesa com alguns objetos, como livro e vidrarias. Os dois homens fazem uso de jaleco, evidenciando que estão no local de trabalho. Aparentemente um dos homens parece estar com um objeto para pegar o peixe e o outro com um papel, que pode ser um texto, uma revista ou um jornal.

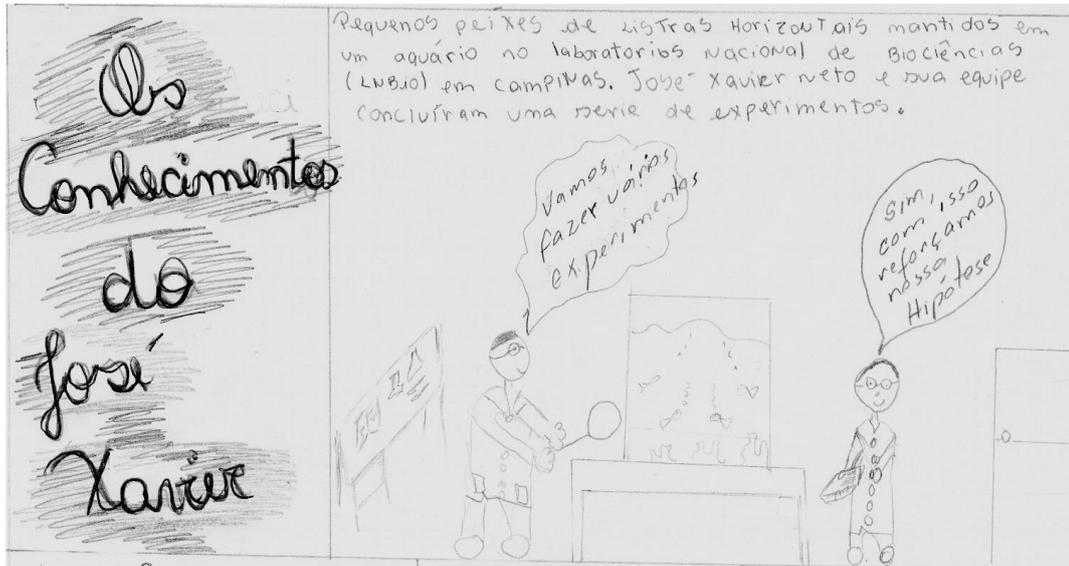


Figura 4. 1- Recorte de uma HQ produzida por aluno mostrando o título da HQ e, no outro quadro, dois homens conversando no laboratório.

A conversa entre eles indica ser sobre os experimentos e a necessidade de repeti-los para reforçar suas hipóteses. As falas dos cientistas evidenciam uma certa preocupação com a comunidade científica. Um dos cientistas segura o texto, que pode ser um artigo científico, talvez de outro pesquisador ou escrito por eles mesmos. Essa figura, juntamente com a fala “reforçamos nossa hipótese”, parece retratar que estão escrevendo um texto científico, tão fundamental para mostrar os resultados da pesquisa. Latour e Woolgar (1997) ressaltam que “a produção de artigos é a finalidade essencial de sua atividade” (p.70). E, portanto, com as publicações, os pesquisadores conseguem o reconhecimento da comunidade. Seguindo essa perspectiva, o quadrinho revela, mesmo que de forma sutil, preocupações do cientista em produzir dados para convencer os pares.

Dando continuidade nas análises, o segundo quadrinho (Figura 4.2) ilustra um homem com jaleco segurando uma rede e este parece ser o mesmo homem do quadro da Figura 4.1. O cenário apresenta ainda a bancada, indicando ser longe do escritório do laboratório. Nesse quadro, o homem se apresenta sozinho, analisando seu objeto de estudo. Ele afirma que por meio dos seus experimentos o “coração humano é dividido com quatro câmaras internas divididas por válvulas”. O pesquisador não começa uma investigação sem pressupostos, suas hipóteses o conduzem aos resultados. Conforme Cachapuz et al. (2005), “o investigador nunca experimenta ao acaso, mas sempre guiado por uma hipótese ‘lógica’ que submete à experimentação” (CACHAPUZ et al, 2005, p.97).

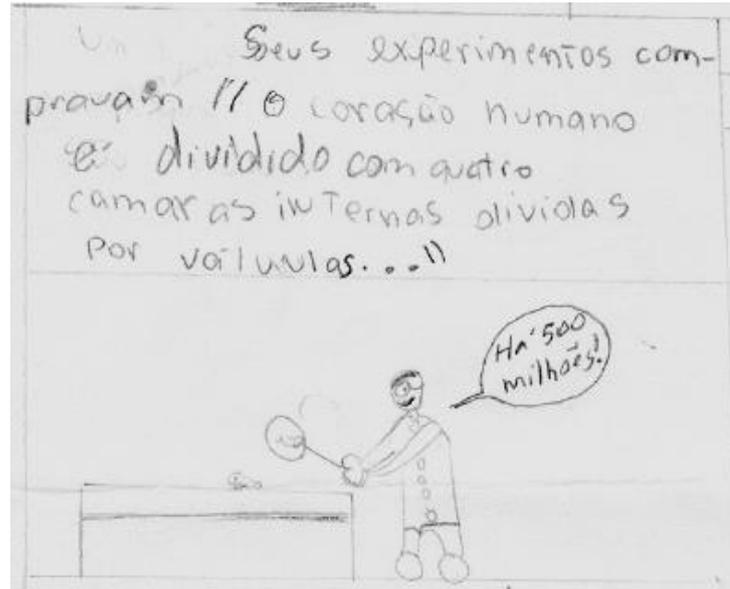


Figura 4. 2- Recorte de HQ produzida por um aluno mostrando um homem no laboratório.

No terceiro quadrinho (Figura 4.3), a duração da pesquisa aparece em um pequeno quadro onde aluno escreveu “durante 20 anos” e a figura do cientista encontra-se sozinha e pensativa. O cientista está de jaleco, indicando, talvez, que está no laboratório. Parece estar preocupado e pensando na duração do seu trabalho, e a fala “quase duas décadas de trabalho [...]”, pode indicar que foram necessários anos para se chegar a alguma conclusão.

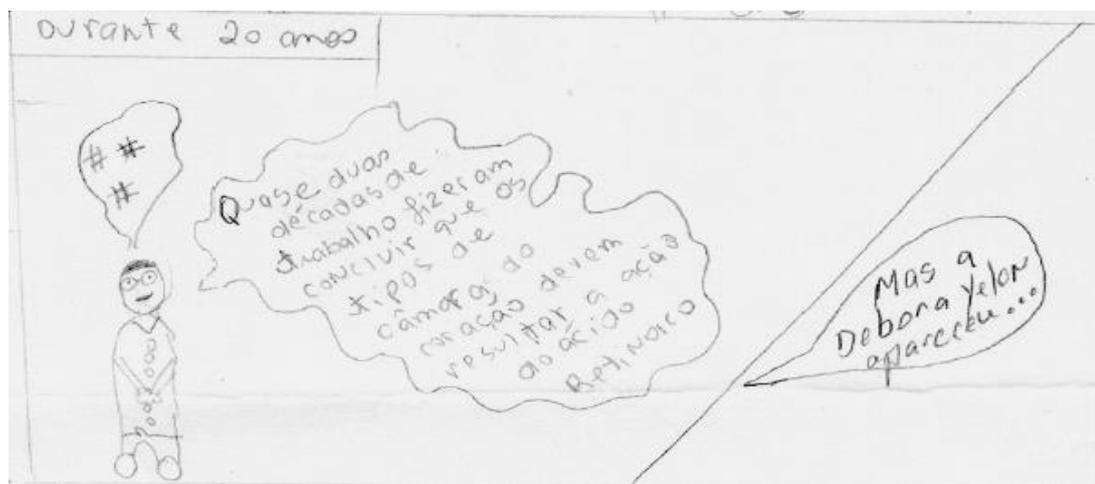


Figura 4. 3- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem de jaleco e alguns balões de fala sobre a duração da pesquisa.

Ainda na Figura 4.3, há também um balão onde o aluno escreveu, “mas a Debora Yelon apareceu...”. A menção à outra pesquisadora nos leva a crer que o aluno tenha compreendido que há uma competição entre os pesquisadores, aspecto que possivelmente, de alguma forma, chamou a atenção do aluno na leitura do texto de divulgação científica. Essa colocação parece, portanto, fazer referência ao seguinte trecho do artigo 7:

Em 2008, um artigo da equipe de Deborah Yelon, atualmente na Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos, amenizou o papel do ácido retinóico, que estaria associado apenas ao tamanho do coração, e valorizou a proteína produzida a partir do gene Hox-B5, que também atua na formação do intestino e dos pulmões, com base em experimentos em *zebrafish*. (FIORAVANTI, 2014, p.50)

‘Quando vi esse *paper*’, lembra-se Xavier, ‘quase chorei’. ‘Por causa da situação de meu trabalho em 2008’, diz Xavier, ‘eu sabia que iria demorar para contestar.’ (FIORAVANTI, 2014, p.50)

Cabe ainda mencionar que na fala “duas décadas de trabalho”, presente no quadro da Figura 4.3, o tempo da pesquisa é destacado pelo aluno. Segundo Latour e Woolgar (1997), “o investimento [...] pode ser compreendido tanto na forma de dinheiro quanto de tempo” (p.221). Essa questão relativa à duração de uma pesquisa até que os dados sejam aceitos pela comunidade científica é, de certa forma, compreendida pelo aluno na leitura do TDC, o que se reflete na HQ produzida.

No quadro apresentado na Figura 4.4, o cientista aparece com um texto na mão e parece triste, com lágrimas sobre o rosto. Nessa figura o aluno escreve novamente sobre a pesquisadora, só que agora sua presença é reforçada, destacando a Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos, e se fala um pouco da sua pesquisa, que ameniza o papel do ácido retinóico, tão importante para Xavier que afirmava que as câmaras cardíacas eram resultantes da ação desse ácido.

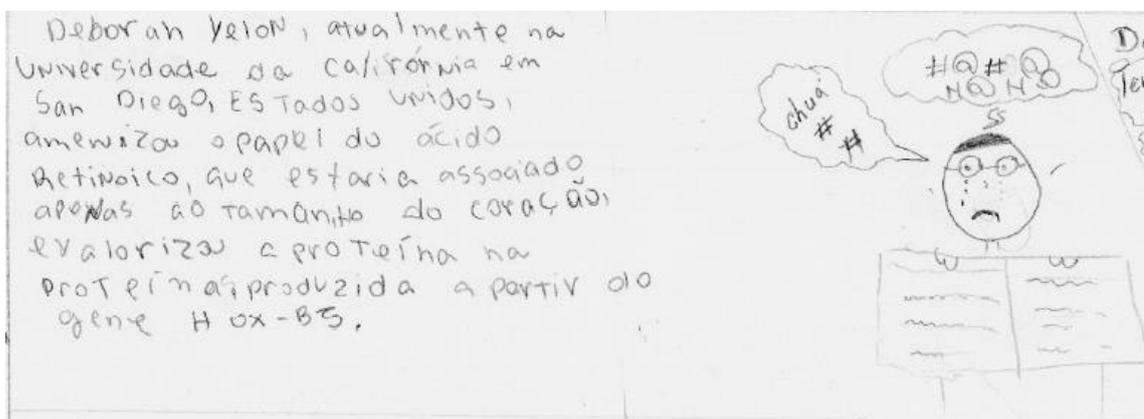


Figura 4. 4- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem com um texto na mão.

Existem indícios de disputas entre os cientistas na Figura 4.4. No texto do HQ falando da outra pesquisadora e de sua pesquisa parece que o aluno buscou mostrar o debate de ideias entre os pesquisadores e deixa, de forma implícita no desenho, os conflitos travados entre Xavier e a outra pesquisadora para que seus dados sejam aceitos pela comunidade científica. Essa observação é interessante no sentido de evidenciar que o aluno foi capaz de reconhecer que, na construção do conhecimento, ideias divergentes podem coexistir na literatura científica.

Ainda na figura 4.4 o pesquisador deixa transparecer o lado humano e a fragilidade exposta pela presença do trabalho de outra pesquisadora. O rosto triste com lágrimas, a ausência de reação diante do acontecido, evidencia um cientista humano, muito distinto daquela imagem fria e distante que comumente está associada ao pesquisador.

No quadro da Figura 4.5, o cientista parece estar em um escritório, dentro do laboratório. A fala indica que o pesquisador parece que não descansa, e há indícios de um trabalho individual quando se pronuncia ‘tenho’ e ‘minha pesquisa’. Conforme Cachapuz et al (2005), há uma visão de que cientistas são seres especiais e gênios solitários. Nesse sentido, apesar dos alunos terem observado para algumas questões interessantes do fazer científico como a importância do artigo e da comunidade científica, no entanto, algumas ideias ainda permanecem, como tais como essa imagem solitária do cientista.

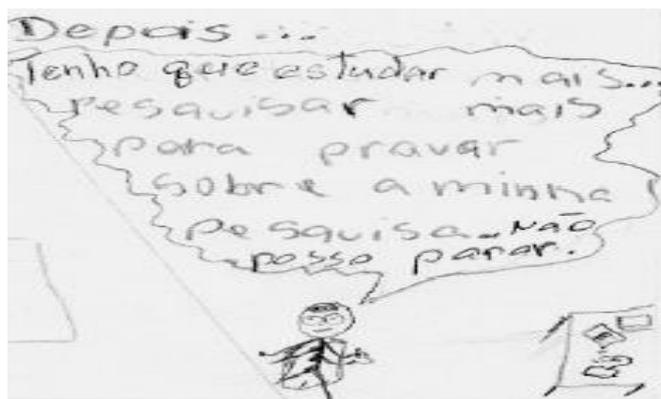


Figura 4. 5- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem em um escritório.

Por outro lado, um aspecto a ser destacado nessa Figura 4.5 é a preocupação com a comunidade científica. A figura sugere a preocupação do pesquisador em querer provar para outros, suas ideias e os resultados de sua pesquisa, o que indica que a aprovação da comunidade é um aspecto importante na ciência. Nessa perspectiva, a aceitação pelos pares

faz-se necessário para continuidade do trabalho. Segundo Latour (2000), quando se arregimenta novos aliados, o prestígio também aumenta.

No quadro da Figura 4.6, há a figura de um cientista, de jaleco e pensativo. Ele está sozinho e, conforme algumas falas expressas no quadro, parece refletir sobre os caminhos percorridos na sua trajetória de pesquisa. Aparece cheio de dúvidas e incertezas.

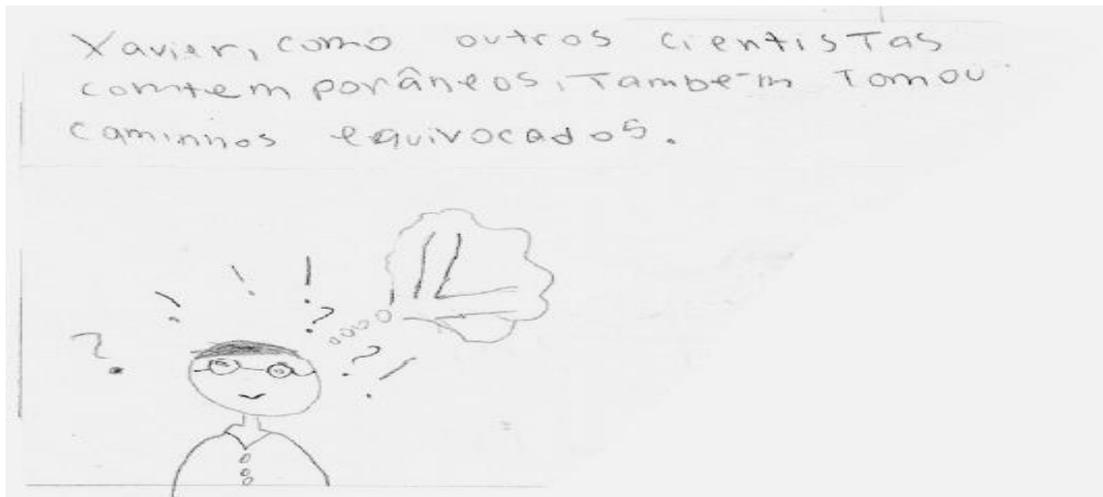


Figura 4. 6- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem pensativo.

As palavras “caminhos equivocados” apresentadas pelo aluno na HQ estavam presentes no TDC utilizado na atividade e, de certa forma, parecem ter sido um aspecto que chamou a atenção do aluno. Essa informação intencionalmente colocada pelo aluno na HQ pode ser indício de uma compreensão que a ciência é provisória e que os cientistas estão sujeitos a erros, ou seja, a percepção de uma ciência como construção humana. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), o conhecimento científico está inserido num processo dinâmico envolvido por transformações e, portanto, impedido de ser caracterizado como pronto, verdadeiro e acabado.

No quadro da Figura 4.7, encontramos um homem em uma mesa e uma fala “enquanto isso no laboratório Xavier recordava”. É interessante notar que, apesar de denominado laboratório, o local em que o homem está pode ser associado a um escritório, com papeis e livros, indicando assim que a visão de laboratório, na percepção do aluno, possa não ser apenas aquela repleta de equipamentos e vidrarias. Ou seja, ainda que de forma tênue, podemos observar o trabalho cotidiano do cientista, que, de acordo com Latour e Woolgar (1997), vai além da produção de dados em laboratório, mas envolve também a produção de artigos e a leitura de publicações de outros pesquisadores.

Também vale mencionar que a figura do cientista debruçado sobre a mesa demonstra novamente o lado humano: ele lembra “mesmo se fracassar, pensei, já sou grato [...]”.

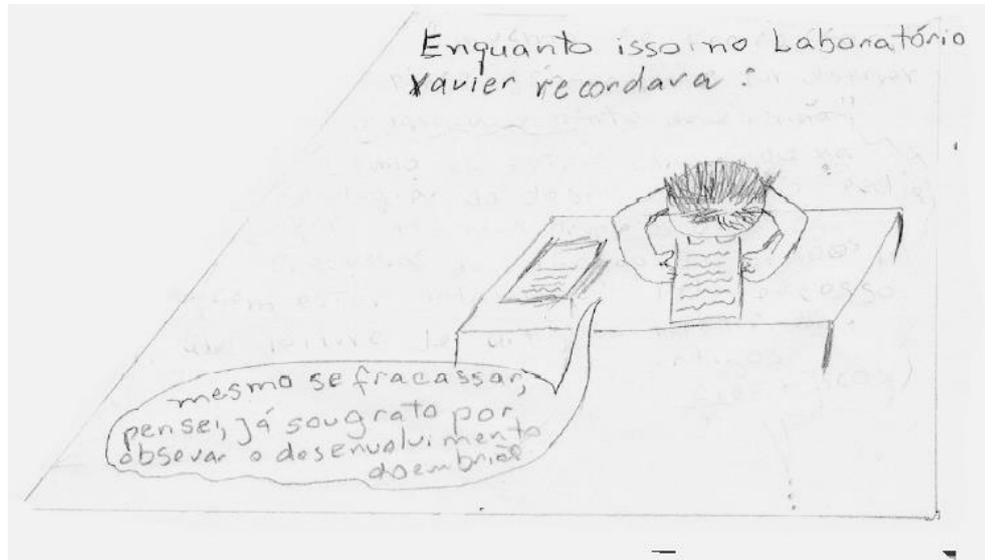


Figura 4. 7-Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem debruçado sobre uma mesa com papéis.

No quadro da Figura 4.8 observamos a figura apresenta um homem mais velho e uma criança, de mãos dadas. Os dois estão do lado de fora de um laboratório de ciências. Nesse desenho o aluno, talvez influenciado pelo texto de divulgação científica, tenta demonstrar a importância que o pai teve na escolha da sua profissão. A presença paterna é encontrada no seguinte trecho no TDC usado na atividade:

Desde antes ele já gostava do mundo da ciência, acompanhando o pai, que era professor de bioquímica na universidade, aos laboratórios e estufas de plantas. ‘Lembra do kit Os cientistas da década de 1970? Eu tinha todos. Vivo nesse mundo desde de cedo.’ (FIORAVANTI,2014, p.53)



Figura 4. 8- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando um homem de jaleco e uma criança pertos de um laboratório de ciências.

No quadro da Figura 4.9, encontramos várias pessoas e todas estão de jaleco. A ilustração também mostra uma mesa ao fundo com alguns objetos, talvez instrumentos. Além disso, um dos homens segura um papel, podendo ser um artigo científico. Parece também haver uma figura de uma mulher no meio.

Alguns aspectos importantes da prática da ciência podem ser observados nesse quadro da Figura 4.9. Primeiro, a figura produzida pelo aluno mostra um laboratório no qual há textos, instrumentos e humanos. O fato de uma das pessoas ter em mãos um papel talvez evidencie uma conversa entre eles sobre alguns resultados da pesquisa, indicando o trabalho da ciência como um processo de inscrição literária. Segundo Latour e Woolgar, os cientistas parecem “romancistas particularmente escrupulosos que se sentem obrigados a anotar tudo o que veem, com medo de uma falha de memória”, “listam grandes colunas de números em folhas de papel em branco”. Ao mesmo tempo, “controlam aparelhos”, marcam tubos de ensaio e béqueres, criam dicionários, fichários e catálogos com milhares de registros, dados, produtos químicos, amostras de animais etc. (p. 40-42). Líquidos são injetados e extraídos, e cada detalhe de cada experiência é anotado. Tudo isso em meio a faturas, cheques, planejamentos, inventários, relatórios etc. O laboratório é comparado a uma empresa de produzir artigos. (LATOURE, 1997).

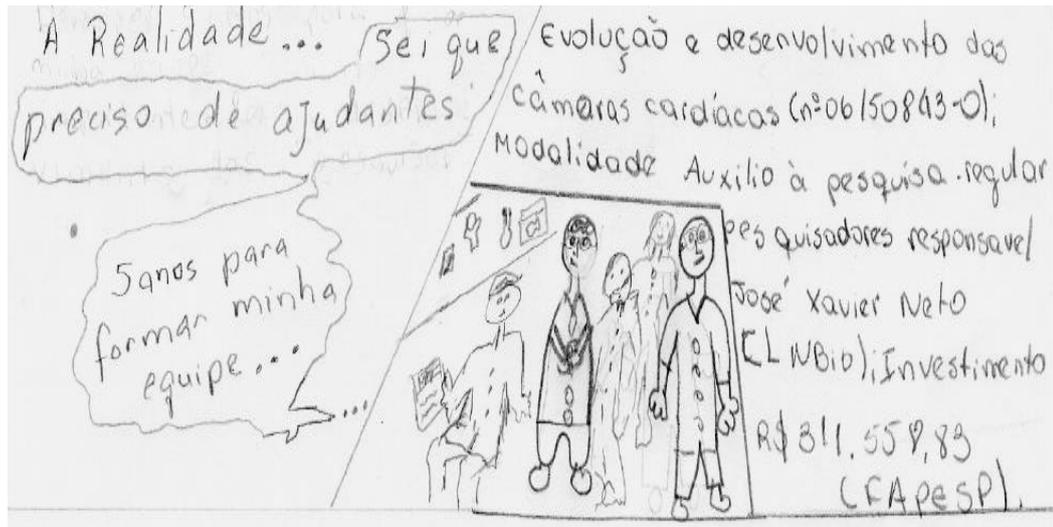


Figura 4. 9- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando várias pessoas no laboratório.

A Figura 4.9 também evidencia o trabalho coletivo na ciência, ponto de extrema relevância na comunidade científica. A produção dessa imagem pelo aluno sugere que ele compreenda que a prática da ciência não se faz de maneira isolada, mas que esta é resultante de um trabalho em equipe. Esse aspecto também pode ser verificado nas falas “sei que preciso de ajudantes”, “5 anos para formar minha equipe”. As falas indicam também o papel do cientista como gestor de recursos humanos. Segundo Viana e Carvalho (2001), pode se dizer que são muitas pessoas que se reúnem para que a prática científica aconteça. A atividade científica é inserida num trabalho coletivo e não individual, que depende de diversas pessoas e não unicamente do esforço individual de gênios isolados em seus laboratórios.

Outro aspecto também interessante nesse quadro é menção à questão dos recursos financeiros investidos para a pesquisa, indicada pelo aluno pelo nome e valor do projeto, bem como o nome da agência que concedeu auxílio à pesquisa. Angariar recursos financeiros é, conforme Latour, uma das funções centrais no trabalho científico, pois é por meio deles que o ciclo de credibilidade do pesquisador é mantido. Conforme Petroianu (2002), os pesquisadores recebem incentivos como bolsas e outros auxílios financeiros, evidenciando "o interesse do governo e de várias instituições de fomento à pesquisa no desenvolvimento científico" (PETROIANU, 2002, p. 60). Cabe também mencionar que “o incentivo financeiro e o reconhecimento perante a sociedade são fatores que em muito influenciam a produção científica, encorajando o pesquisador a publicar mais” (DROESCHER; SILVA, 2014, p.176).

A análise dessa HQ “ Os conhecimentos do José Xavier”, nos proporcionou vários aspectos da prática da ciência. Primeiramente destacamos que no título o pesquisador foi

ênfatizado, no entanto não foi obstáculo para outros aspectos como reforçar hipóteses, a presença da comunidade, a importância do artigo científico e as publicações. Também a figura humana do cientista apareceu, diante dos impasses da pesquisa. Nessa HQ, as ilustrações mostraram pessoas, laboratórios e instrumentos diversos, mostrando o lado de dentro do laboratório, e ainda evidenciaram muito a importância do coletivo e dos recursos financeiros, aspectos fundamentais para o desenvolvimento da ciência.

4.2.2 Análise da HQ “Correr faz bem!”

A segunda HQ analisada nesta pesquisa foi elaborada pelos alunos tomando como base o texto 8, da revista *Pesquisa FAPESP*, o qual apresenta um estudo sobre a importância da prática de exercícios físicos em pessoas com problemas respiratórios. Diferente da primeira HQ produzida, nessa o aluno colocou como título o mesmo do texto de divulgação, enfatizando a pesquisa e não o pesquisador. Nessa HQ observamos outra diferença: o aluno utilizou como personagens camundongos, talvez influenciado pelo texto de divulgação que apresenta um estudo utilizando esses animais.

No primeiro quadrinho, figura 4.10, encontramos dois camundongos conversando. Aparentemente estão praticando exercícios físicos ao ar livre. A conversa no decorrer da atividade nos parece bem informal. Se nos reportarmos ao laboratório, o uso da literatura no discurso da ciência é um aspecto fortemente abordado por Latour e Woolgar (1997). Os autores afirmam que as conversas informais são as mais frequentes no cotidiano do laboratório, e que na maioria das vezes fazem referência a literatura publicada. Nas palavras dos autores,

As trocas informais têm invariavelmente por objeto aquilo que constitui a própria substância da comunicação formal. A maior parte das comunicações informais tem como referência a literatura publicada [...]. Na maior parte do tempo, mesmo quando se fala ao telefone, discutem-se documentos, seja para combinar a colaboração em um artigo, seja para corrigir uma ambiguidade contida em artigo já enviado para publicação [...]. (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p.47)

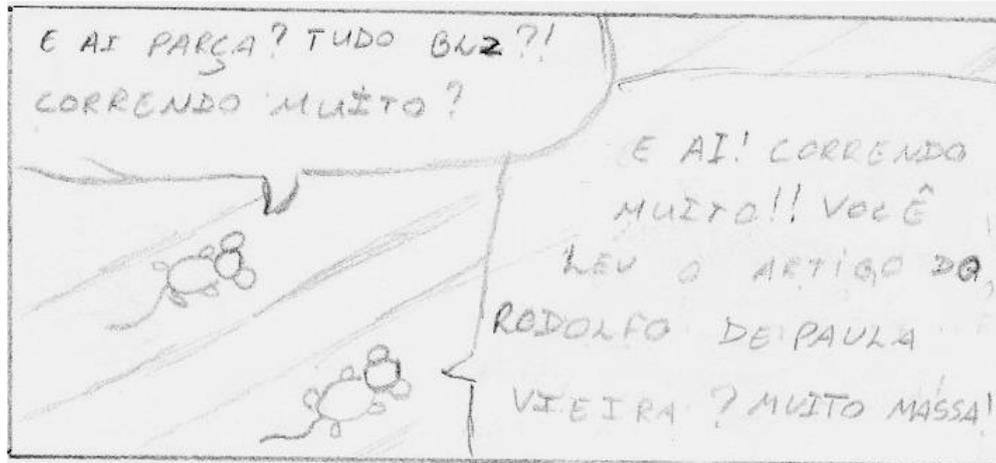


Figura 4. 10- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo entre camundongos.

Considerando as etapas de uma pesquisa, a troca de informação, seja pelo sistema formal ou informal, é que viabiliza a produção dos conhecimentos. No processo do fazer científico, a comunicação informal predomina e representa um filtro de informação dos canais formais da comunicação científica. As ideias podem se concretizar a partir de conversas informais.

Nesse quadrinho, também encontramos outro aspecto bastante discutido por Latour e Woolgar (1997): as publicações de artigos. Conforme os autores, essa é tarefa essencial na prática do cientista. Nesse sentido, as publicações se estabelecem como algo vital para o pesquisador, dentro da comunidade científica. E, portanto, resulta em reconhecimento e recursos para a pesquisa, aspectos fortemente ligados à produção científica. Encontramos no texto científico “Correr faz bem” que inspirou a produção dessa HQ, trechos que relatam as publicações do pesquisador:

Mas o jovem estudante [...] partiu para detalhar esses efeitos, mostrando em artigo publicado em 2007, no *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [...]. (GUIMARÃES, 2014, p.44)

Em artigo publicado em junho deste ano na revista *International Journal of Sports Medicine*, ele mediu quanto havia de proteínas com ação anti-inflamatória [...]. (GUIMARÃES, 2014, p.46)

Por meio da publicação de artigos são compartilhadas informações essenciais para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social. O registro de resultados de pesquisas é fundamental para o sucesso e aperfeiçoamento de técnicas, produtos e serviços em diferentes áreas do conhecimento.

O quadrinho apresentado na figura 4.11 revela que um dos personagens já leu o artigo do cientista e está comentando com o outro personagem. Conforme já mencionado, o artigo científico é essencial para a vida acadêmica do pesquisador. A aquisição de prestígio e o reconhecimento estão atrelados a sua vida acadêmica. Os trabalhos científicos estimulam o interesse e a confiabilidade da comunidade científica, uma vez que apresentam dados e resultados da pesquisa.

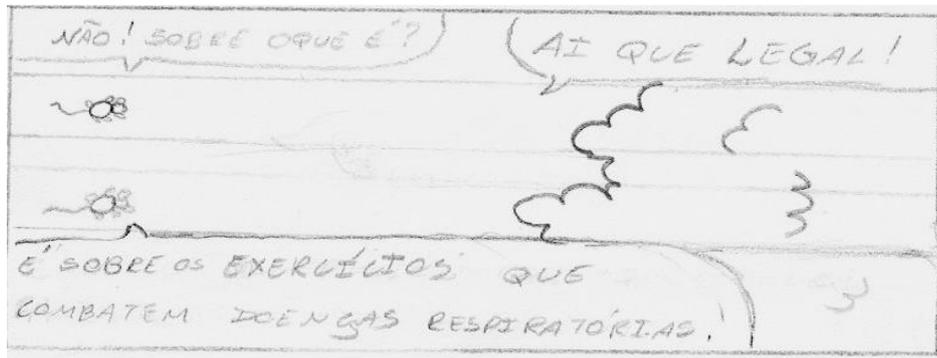


Figura 4. 11- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando dois camundongos conversando.

A presença de ratinhos, na figura 4.11, pode ser também uma representação de dois pesquisadores conversando, que podem ser da mesma área de conhecimento ou não. Talvez o aluno quisesse mostrar o quanto é importante as trocas de informações entre pesquisadores. Como mencionado, são essas trocas que viabilizam o conhecimento.

No quadro da figura 4.12 encontramos os dois camundongos, parece que estão correndo imersos numa fumaça. Os dois personagens do quadrinho continuam conversando sobre o artigo de Rodolfo Vieira, suas ideias e possíveis conhecimentos sobre o assunto, que acreditamos ser os problemas respiratórios provocados pela fumaça.

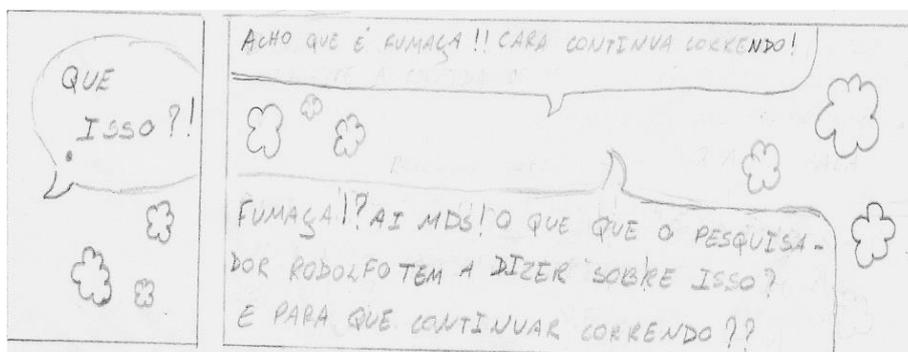


Figura 4. 12- Recorte de uma HQ produzida por um aluno mostrando uma conversa entre dois personagens.

Na figura 4.12, a HQ produzida pelo aluno continua a retratar as possíveis trocas de informações entre os pesquisadores. Essas trocas são fundamentais no processo de desenvolvimento científico. Conforme Couto et al (2011) “a comunicação científica pode ser definida como a troca de informações feita entre cientistas com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento da ciência”.

Ainda sobre a comunicação científica, Rosa e Gomes (2010) apontam algumas funções que realçam o papel de desenvolvimento da ciência e dos cientistas, como fornecer respostas a perguntas específicas, contribuir para a atualização profissional do cientista no campo específico de sua atuação, testar a confiabilidade de novos conhecimentos, diante da possibilidade de testemunhas e verificações, divulgar as tendências de áreas emergentes, fornecendo aos cientistas ideia da relevância de seu trabalho, entre outras.

Na figura 4.13, encontramos a continuação da conversa entre os dois personagens (camundongos). Os dois personagens falam da importância do trabalho de Rodolfo Vieira e apontam “Ele vem mostrando e detalhando” enfatizando a figura do pesquisador. Nos parece que o aluno, ao produzir esse trecho, mesmo de forma tênue demonstrou um trabalho mais solitário do pesquisador, não apontando a equipe do pesquisador.

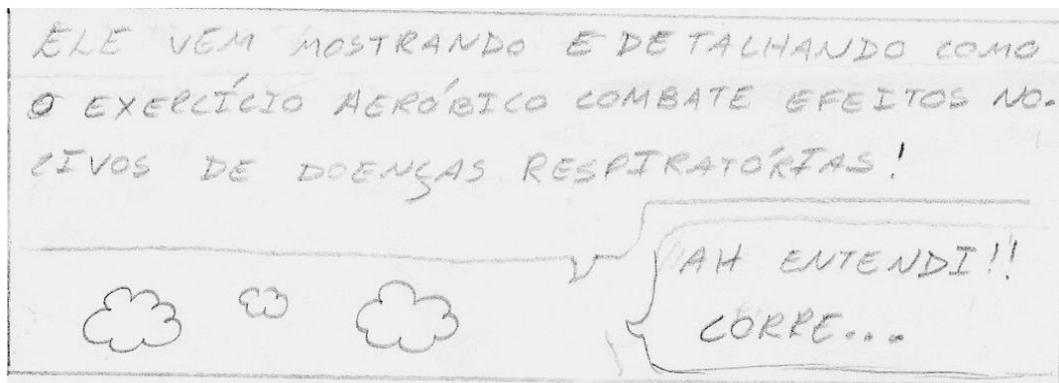


Figura 4. 13- Recorte de uma HQ produzida por aluno mostrando uma conversa entre dois personagens.

A fim de refletirmos sobre o trabalho coletivo na ciência, no texto de divulgação científica, Guimarães (2014) aponta trechos que demonstram esse aspecto, no qual Rodolfo Vieira faz parte.

Em colaboração com o grupo de Milton Martins, da FMUSO, Vieira participou de um estudo em que, ao longo de 24 semanas, camundongos eram postos em câmaras ligadas a um tubo com um cigarro [...]

Os esforços de Vieira vêm sendo reconhecidos não só pela ampla rede de colaborações e grande número de publicações [...]. Seu grupo foi o mais premiado no congresso da Sociedade Respiratória Europeia [...].

Latour e Woolgar (1997) dão ênfase a esse aspecto, apontam que o trabalho dos pesquisadores é coletivo e não individual, ou seja, a ideia propagada de que o fazer científico depende unicamente do esforço individual de gênios isolados em seus laboratórios pode ser desmitificada por esta análise sociológica.

Esse aspecto além de retratar toda colaboração que existe entre os pesquisadores, ele nos remete ao lado de dentro e de fora do laboratório. Latour e Woolgar (1997) enfatizam que há uma permeabilidade entre o lado de “dentro” e o lado de “fora” do laboratório, ou seja, que há uma relação direta entre o que um cientista faz em seus experimentos e o que ele faz externamente, as ações em conjunto com agências de fomento e instituições acadêmicas.

A figura 4.14 mostra um diálogo, no qual os personagens procuram reconhecer o trabalho do pesquisador. O trecho ainda abre espaço para falarmos da importância dos títulos na vida do cientista.

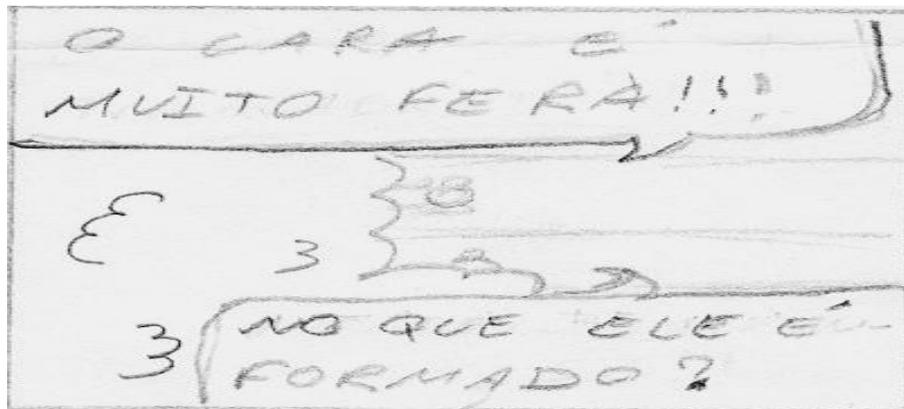


Figura 4. 14- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo.

Na fala “o cara é muito fera! ” verificamos mesmo de forma tênue os aspectos de reconhecimento e prestígio. Latour e Woolgar (1997) destacam que o reconhecimento e o prestígio estão intimamente conectados à produção acadêmica. Nesse sentido, os autores apontam que reconhecimento e credibilidade caminham juntos para que a pesquisa científica caminhe. Nas palavras dos autores,

O crédito-reconhecimento refere-se ao sistema de reconhecimentos e de prêmios que simbolizam o reconhecimento, pelos pares, de uma obra científica passada. A

credibilidade baseia-se na capacidade que os pesquisadores têm para efetivamente praticar a ciência (LATOURET; WOOLGAR, 1997, p. 220).

Acreditamos que o reconhecimento e a credibilidade, alvos de todo pesquisador, são muito mais que desejos, são essenciais na vida de um pesquisador, mesmo porque é um dos elementos que motiva a fazer ciência.

Na figura 4.15 encontramos um trecho da conversa entre os camundongos, que apesar de viverem na correria, param para conversar sobre o pesquisador em evidência. Por meio desse quadrinho, podemos nos remeter ao aspecto de titulações e também ao argumento de autoridade. Os títulos compõem o *curriculum vitae* do pesquisador, que aumenta a credibilidade e consequentemente reconhecimento.

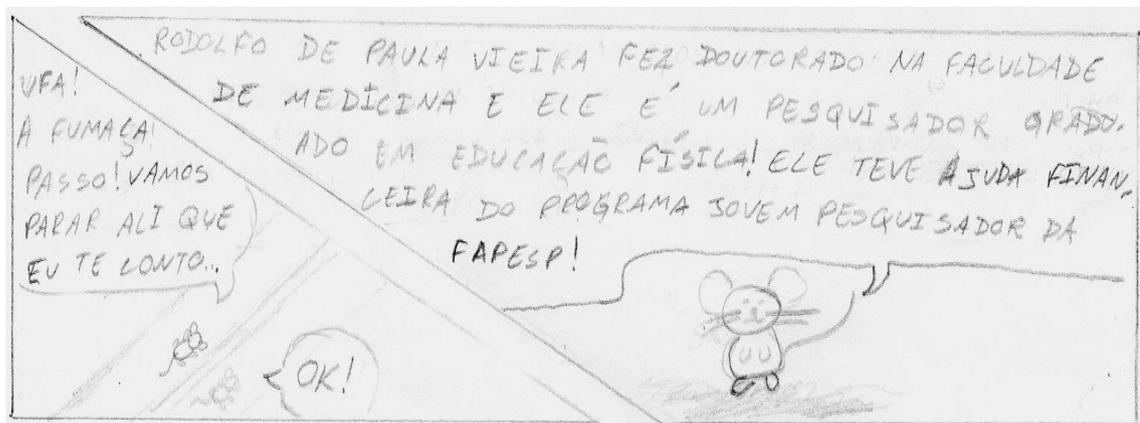


Figura 4. 15- Recorte de uma HQ produzida por aluno, mostrando um diálogo entre camundongos.

Quanto ao aspecto argumento de autoridade, parece que o aluno quis destacar que o pesquisador tem títulos e faz parte do Programa Jovem Pesquisador da *FAPESP*. Assim que uma controvérsia se torna gradativamente acalorada, os discordantes pressionados, tendem a fazer menção ao que outras pessoas escreveram ou disseram, recorrem ao que Latour (2000) denomina de aliados. Reunir aliados superiores e mais numerosos é o que estamos chamando aqui de argumento de autoridade.

O quadrinho da figura 4.15 mostra um fim de conversa entre dois camundongos, personagens da HQ, que demonstram interesse pelo artigo científico de do pesquisador Rodolfo Vieira. Na fala encontramos indícios do reconhecimento do pesquisador em questão, a pesquisa em artigos, revelando a importância da pesquisa científica.

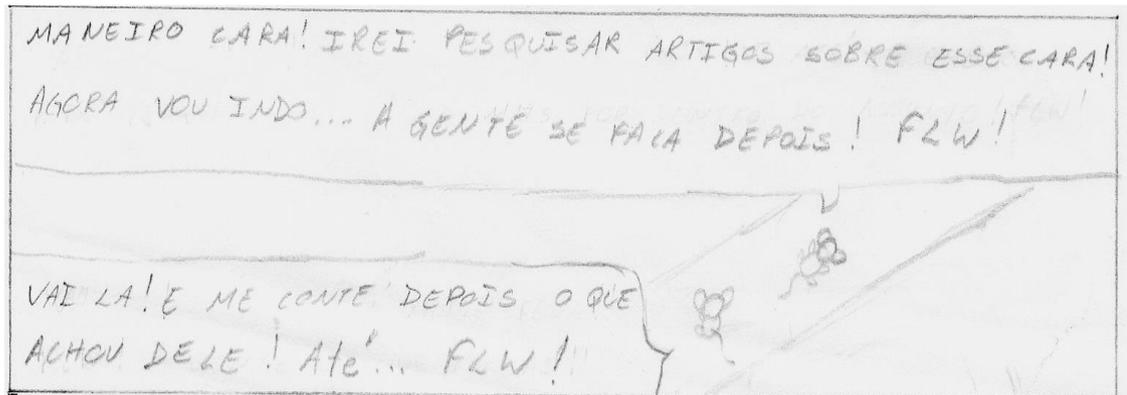


Figura 4. 16- Recorte de uma HQ produzida por um aluno.

O diálogo que os camundongos realizam ao longo da HQ, principalmente nos últimos três quadrinhos, nos faz reportar a um diálogo fictício apresentados na obra “Ciência em Ação” de Latour (2000). Conforme o autor, diante de uma disputa oral exaltada, uma série de aliados e argumentos da autoridade podem ser mencionados de forma a pressionar o discordante a aceitar as ideias do outro. Nesse sentido, Latour (2000) exemplifica:

Sr. Fulano de Tal (como se retomasse uma antiga discussão):

- Como é que você pode dizer isso se já existe um novo tratamento para o nanismo?

Sr. Sicrano de Tal:

- Um novo tratamento? Como é que você sabe? Tá inventando.

-Li num jornal.

-Ora! Vai ver foi num daqueles suplementos coloridos...

-Não! Foi no The Times, e o sujeito que escreveu não era jornalista, era um doutor.

-E daí? Vai ver era algum físico desempregado que não sabe qual é a diferença entre RNA e DNA.

- Mas ele fazia referência a uma monografia publicada na Nature pelo prêmio Nobel Andrew Schally e seis colegas; um grande estudo, financiado pelas grandes instituições National Institutes of Health e National Science Foundation, e eles dizem qual é a sequência de um hormônio do crescimento. Será que isso não quer dizer nada?

- Ah, bom! Você devia ter dito antes.... É bem diferente. É, acho que sim.

(LATOUR, 2000, p. 55)

Na HQ produzida pelo aluno, um dos personagens insiste no artigo de Rodolfo Vieira, apontando sua formação e o apoio que tem da FAPESP. Tal arsenal, que tem o intuito de mobilizar aliados para o pesquisador em discussão, acaba por persuadir o parceiro na

conversa. Dessa forma, ao final do diálogo entre os personagens da HQ, um deles é convencido pelo parceiro e diz que vai pesquisar mais trabalhos do pesquisador mencionado.

Considerando o aspecto da persuasão que se pode ver na fala de um dos personagens, Latour (2000) expressa esse aspecto destacando que quando uma discussão está um pouco mais animada vemos “que tipo de direção é tomada pelo pessoal que discute e que tipo de elementos novos eles arranjam, arregimentam ou seduzem a fim de convencer os colegas; aí vemos como as pessoas que estão sendo convencidas param de discutir.” (LATOURE, 2000, p. 33).

Finalizando essa análise verificamos diversos aspectos da prática da ciência, como conversas informais e formais entre pesquisadores, publicações, reconhecimento, prestígio, a importância dos artigos científicos. Aparecem também titulações, argumento de autoridade e o arregimento de aliados. Por outro lado, verificamos ainda, em alguns quadros, uma visão um pouco mitificada do cientista, quando apontam apenas o pesquisador, não evidenciando o trabalho coletivo da ciência.

Cabe mencionar que a produção de HQ pelos alunos, dentro da atividade proposta nesta pesquisa, revelou-se uma importante estratégia didática. Verificamos uma ludicidade evidente na ilustração dos quadrinhos, onde o aluno fez uso de camundongos como personagens, não utilizando pessoas. Tal criatividade foi possibilitada na confecção dessa HQ.

4.2.3 Relato da aplicação da atividade didática

Conforme mencionado, a atividade didática proposta nesta pesquisa foi aplicada em uma sala de aula do Ensino Médio de uma escola pública do Estado de Minas Gerais. Além das discussões relativas aos objetivos de pesquisa delineados para este estudo, apresentamos também a seguir um pequeno relato das atividades realizadas, motivações e dificuldades percebidas pela professora – a autora dessa dissertação:

“O desejo de aproximar meus alunos do mundo da ciência e de levar um pouco mais de conhecimento científico me impulsionou a buscar maneiras que pudessem contribuir no alcance desse objetivo. Uma das formas de levar esse conhecimento para os estudantes foi trabalhar com textos da revista *Pesquisa FAPESP* como recurso didático e baseado nesses textos estimular os alunos a produzirem histórias em quadrinhos. Essa atividade didática faz parte de uma pesquisa maior, que resultou em minha dissertação de mestrado.

Para trabalhar com os TDC em sala de aula, busquei primeiramente mostrar aos estudantes um pouco sobre a vida dos cientistas, debatemos sobre a importância da ciência em

nossa vida, a presença dela no nosso cotidiano. Aos poucos os alunos foram se pronunciando, alguns falaram de medicamentos, outros de aparelhos tecnológicos e até cosméticos foram citados. No entanto, nem todos os alunos quiseram participar de imediato, alegando desinteresse sobre ciência e cientistas e que não querem ser cientistas e por isso não viam a necessidade de estudar sobre eles.

A introdução a esse assunto foi importante, pois aproximou os estudantes ao tema, permitindo que compreendessem o quanto é importante sabermos sobre ciência e a necessidade de se tornarem mais críticos e pensantes. Esse momento justificou o motivo de querer trabalhar com eles sobre ciência, pesquisas e pesquisadores. Acredito que os alunos entenderam e era o momento de começarmos as leituras dos textos de divulgação.

Os textos de divulgação da revista *Pesquisa FAPESP* (texto A – Como explicar um coração tão dividido; texto B – Correr faz bem!) foram impressos coloridos, pois acreditávamos que chamariam mais a atenção dos alunos. Como pretendíamos trabalhar os dois textos foram impressos 14 de cada. De forma aleatória, distribuí os textos em sala de aula. Vale falar que as aulas de Biologia nessa turma aconteciam na sexta feira, eram geminadas e nos primeiros horários.

A leitura individual aconteceu de forma muito tranquila. Pedi aos alunos que, conforme fossem lendo, anotassem dúvidas e assinalassem palavras que não compreendessem. Sugeri 20 minutos para lerem, claro que se fosse necessário daria mais alguns minutos. O tempo chegou nos 25 minutos e aí fomos fazer a leitura coletiva com intuito de discutirmos um pouco e tentar sanar dúvidas e questionamentos. Nessa etapa também é válido falar que trabalhei a habilidade de expressão oral dos estudantes. É claro que nem todos quiseram ler em voz alta, muitos são tímidos e outros não gostam. Mas tem aqueles que sabem e gostam muito de ler. Não quis impor a leitura, pedi àqueles que queriam. Ao longo da leitura fomos discutindo.

Os alunos acharam o texto difícil. Nas palavras de alguns alunos: “Professora, acha que estamos na faculdade?” “Não estamos acostumados a ler texto científico!”. Enfim, eu sabia que não estavam acostumados, mas sempre tem uma primeira vez e acreditava que seriam capazes de entender. Uma aula não foi o suficiente, ficaram perguntas no ar e disse que iríamos continuar na aula seguinte. Pedi que levassem os textos para casa e lessem novamente, assim poderiam entender um pouco mais e talvez aparecessem mais dúvidas.

Na aula seguinte voltamos a discutir os textos, como eles haviam levado para casa, a discussão foi mais rápida para finalizarmos essa etapa. Durante essa finalização busquei direcionar a discussão apontando aspectos da prática da ciência presente nos textos, como a

presença de colaboradores, o trabalho coletivo da ciência – frisei esse aspecto pois quando começamos essa atividade muitos estudantes apontaram o cientista individual dentro de um laboratório fechado. Também falei da importância financeira numa pesquisa e a presença fundamental das publicações. Ainda considerando os comentários dos alunos em relação aos cientistas, discutimos o aspecto humano evidenciando que são pessoas como a gente.

Finalizando a discussão, comecei a falar da produção das histórias em quadrinhos. A princípio achei que não fosse sair, muitos alunos alegaram não saber desenhar e muito menos falar sobre cientista, apesar de conversarmos bastante sobre. Mas com muita paciência fui conversando e convencendo da importância do trabalho. Para facilitar, pedi que sentassem em duplas, pois acreditava que motivaria mais o aluno a fazer a história em quadrinhos.

Ao longo da produção fui orientando para que apontassem aspectos da prática da ciência discutidos na leitura coletiva. Mas alguns priorizaram mais o conteúdo de biologia presente nos textos, talvez influenciados pela disciplina. O tempo todo passei revisando os trabalhos para que realmente focassem nos aspectos trabalhados.

Encontrei algumas dificuldades na aplicação dessa atividade, como os feriados que ocorreram nas sextas-feiras. Como eu só tinha aula na sexta, a sequência do trabalho foi um pouco comprometida, mas não a impediu. Também houve a falta de alguns alunos, que precisavam terminar a história em quadrinhos, atrasando as finalizações das histórias.

Enfim, foi uma atividade muito satisfatória, apesar dos pequenos obstáculos. Finalizamos de forma bem proveitosa, pois a maioria dos alunos gostou muito da maneira como trabalhamos a ciência e a vida dos cientistas. Acredito que alcançamos nosso objetivo de aproximar os estudantes à ciência e auxiliar na compreensão de aspectos da prática científica, bem como conhecer um pouco a vida dos cientistas”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos a partir da realização da nossa pesquisa nos permitem tecer algumas considerações. No entanto, as considerações aqui construídas não são conclusivas, mas buscam o encaminhamento e perspectivas de continuidade da inserção de aspectos da natureza da ciência, bem como a divulgação científica no ensino de ciências.

Como primeiramente fizemos uma revisão em trabalhos que apresentassem propostas didáticas que abordassem aspectos da natureza da ciência em sala de aula, pode-se constatar

que são poucas as pesquisas que reportam propostas dessa natureza na educação básica. Evidenciamos ainda que há um número menor ainda de trabalhos que tiveram um olhar para a sociologia da ciência. No entanto, há uma crescente compreensão de que é necessário apresentar a ciência como uma construção humana, histórica e social, seus métodos e modos de organização, suas relações com a tecnologia, seu poder e seus limites, e, portanto, buscando se evitar a propagação de visões mitificadas de uma ciência feita exclusivamente por gênios, infalível, que cresce por meio de um acúmulo linear de informações e que é construída a partir da aplicação de um método algoritmo, único e universal.

Também verificamos nessa revisão que a maioria dos recursos didáticos adotados em atividades que abordam aspectos da natureza da ciência são materiais ou documentos da história da ciência, o que revela a necessidade de se explorar outros materiais para tal finalidade.

Em nosso estudo, lançamos o olhar sobre uma revista pouco explorada nas pesquisas da área de educação em ciências e, possivelmente, pouco conhecida pelos professores: a revista *Pesquisa FAPESP*. Ainda que nossas análises sejam limitadas a apenas dois textos da seção Ciência, os resultados indicam que os artigos da revista *Pesquisa FAPESP* podem ser úteis como recurso didático ao ensino sobre ciência. Nesses textos evidenciamos algumas das características da prática da ciência: a colaboração entre pesquisadores; a importância das alianças, articulando conhecimentos e técnicas, bem como fortalecendo a rede de produção dos fatos científicos; o uso da persuasão por meio de autoridades e destaque aos interesses na pesquisa; a preocupação com a obtenção e gerenciamento de recursos materiais e humanos para o desenvolvimento da pesquisa; os contínuos investimentos em um ciclo de credibilidade; a valorização de publicações de artigos, os quais, além de aumentarem o prestígio do pesquisador, fortalecendo seu currículo, fornecem-lhe um acúmulo de crédito que poderá ser investido nas oportunidades futuras.

Esse tipo de olhar sobre os textos de divulgação científica, buscando explorar uma variedade de aspectos do cotidiano de um pesquisador na construção dos fatos, nos possibilita pensar em novas possibilidades de uso desses textos de divulgação científica na educação em ciências. Além disso, conforme ressaltado por Justi (2013), os estudos da filosofia ou epistemologia da ciência não colocam em destaque todos os múltiplos aspectos da prática da ciência. Em suas análises, a autora comenta que os trabalhos mais recentes da área ainda não consideram de forma expressiva as contribuições da sociologia, economia, antropologia, entre outras, deixando em aberto para os pesquisadores tal campo. Portanto, a escolha por um

referencial teórico oriundo do campo da sociologia da ciência nos possibilitou trazer novas contribuições aos estudos dentro desta temática.

Quanto à atividade de produção de HQ, mediada pela leitura de texto da revista *Pesquisa FAPESP*, observamos que o uso do texto de divulgação na sala de aula contribuiu para a aprendizagem do estudante. Por meio dessa estratégia conseguimos discutir sobre aspectos da natureza da ciência, bem como amenizar as visões mitificadas sobre ciência e cientista, além de estimular a criatividade e a leitura dos estudantes.

Com a aplicação da estratégia em sala de aula verificamos diversos aspectos da Sociologia da Ciência. Os estudantes demonstraram uma aproximação com tais aspectos como a importância do artigo científico e as publicações, o tempo da pesquisa, a competição entre pesquisadores, onde o aluno reconheceu na construção do conhecimento que ideias divergentes podem coexistir na literatura científica. As conversas informais e formais entre pesquisadores apareceram bastante na HQ referente ao texto 8, bem como o reconhecimento, prestígio, as titulações, argumento de autoridade e o arregimento de aliados. A figura humana do cientista também foi observada na HQ referente ao texto 7. Encontramos também nessa HQ evidências do trabalho envolvendo pessoas, laboratórios e instrumentos diversos, mostrando o lado de dentro do laboratório, bem como a importância dos recursos financeiros, fundamentais para o desenvolvimento da ciência. Pode se visualizar, de maneira geral, que essa estratégia proporcionou aos alunos um desenvolvimento de suas potencialidades intelectuais e sociais, possibilitando alguns entendimentos sobre a prática científica.

Conforme a análise dos resultados, a utilização didática dos textos de divulgação se consolida como uma atividade capaz de despertar o interesse e atenção dos alunos, dinamizando o processo de ensino e reforçando a aprendizagem do assunto abordado. Isto foi corroborado com a boa receptividade dos educandos em relação às atividades propostas. Desse modo, a utilização dos textos de divulgação como recurso didático contribuiu para a construção de um ensino que rompa com os estreitos limites disciplinares atuais e para a formação crítica dos estudantes.

Por fim, podemos dizer que os textos permitiram situações de aprendizagem ricas, complexas e diversificadas. A efetiva participação dos alunos contribuiu também para a formação de atitudes sociais como respeito mútuo, cooperação, senso de responsabilidade, senso de justiça, entre outros.

Vale destacar que cada vez mais o cidadão comum se vê chamado a participar em debates públicos e a se posicionar sobre temas que envolvem a ciência e são de amplo interesse social. Nesse sentido, considera-se que a inclusão de aspectos da natureza da ciência

ajude os professores de ciências a atrair a atenção dos alunos e a facilitar-lhes a construção de uma imagem mais esclarecida a respeito da ciência.

Espera-se que, por meio de propostas como esta apresentada nesta pesquisa, a educação científica possa promover a superação da concepção de um fazer científico como uma atividade descontextualizada e alheia a interesses e conflitos sociais. Que a alfabetização científica e tecnológica, essencial para a formação de cidadãos mais críticos, possa ser fomentada pela cultura científica.

Diante da possibilidade de trabalhar com textos de divulgação em sala de aula, verificando o quanto contribui na compreensão do trabalho científico, cabe falar o quanto se faz necessário o enriquecimento do currículo do ensino das ciências e a reflexão sobre as propostas de ensino. A aproximação de estudantes da Educação Básica aos aspectos da natureza da ciência pode ser um início de uma caminhada rumo a uma autêntica imersão numa cultura científica e tecnológica.

Como Produto Final associado a este trabalho, elaboramos a Sequência Didática “Conhecendo o trabalho do cientista”. Essa proposta foi pautada no uso de TDC da revista *Pesquisa FAPESP* e inspirada na Atividade Didática que aplicamos em sala de aula. Nesse material apresentamos: uma breve discussão sobre o uso dos textos de divulgação científica como recursos para as aulas de ciências e sobre a produção de Histórias em Quadrinhos (HQ) como estratégia didática; e a sequência didática detalhada, destacando os objetivos, tempo sugerido e atividades a serem realizadas em cada uma das etapas propostas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M.; BONNIM, S.O. Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p.243-268, 2013.

ANJOS, F.; MAGER, B.; FERRARO, C.; LASCHUK, E.; SANTOS, F.; BERNARD, F.; GOTARDI, J.; WERMANN, N.; ROSA, R.; WOLLMANN, T. A história da Ciência Forense: Construção de uma Linha do Tempo a partir de uma Caça ao Tesouro. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 33, 2013. **Anais do 33º EDEQ**, Ijuí, RS, 2013.

BATISTA, A. D. Interação De Vozes Em Mafalda. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TEXTO, ENUNCIÇÃO E DISCURSO, 2010. **Anais do SITED**, Porto Alegre, RS, p. 11 a 17, 2010.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. (orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 8.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013. 518 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias - PCN+**. Brasília: SEMTEC-CNE, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC / SEF, 1998. 138p.

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais/Comunicación científica y divulgación científica: aproximaciones y rupturas conceptuales. **Informação & Informação**, v. 15, n. 1, esp, 2010.

CACHAPUZ, A.; GIL.PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3.ed. São Paulo, Cortez 2005. 264p.

CAMPOS, C. A História da Ciência no seu Ensino: o tema Ácido-Base. **Educação em ciências**, v.10, n.14, p.1-6, 2009.

CAMPOS, R. S. P. **O uso de textos alternativos para o ensino de ciências e a formação inicial de professores de ciências**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru – São Paulo.

CARUSO, Francisco. Desafios da Alfabetização Científica. In: **Ciência Cultura e Sociedade: A importância da educação científica hoje**, 2003, Ciclo 21 da Fundação Planetária. Rio de Janeiro.

CARVALHO, M.T.S; GONZAGA, A.M. **A Divulgação Científica na formação de professores**. 1ªed. Curitiba: Appris, 2013, 167p.

CASTOLDI, R.; POLINARSKI, C. A. A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 1, 2009. **Anais do I SINECT**, Ponta Grossa, PR, p. 684-692, 2009.

CASTRO, L. H. P.; PAIXÃO, G. C. Diretrizes para elaboração e avaliação de histórias em quadrinhos (HQ). Em: PAIXÃO, G. C.; VIDAL, E. M. (orgs.). **Ferramentas tecnopedagógicas em EaD**: orientações sobre processos de avaliação formativa. Fortaleza: UAB/UECE, 2015.

CHAUI, M. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática: 2000.

COUTO, W.; SILVA, R.; SILVA, S.; FERNANDEZ, A. Olhares sobre a comunicação científica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 34, 2011. **Resumos...** Recife: INTERCOM, 2011. Disponível em: <www.intercom.org.br/papers/nacionais/2011/resumos/R6-2887-1.pdf>. Acesso em: 2015.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e métodos. São Paulo: Cortês, 2009.

DIAS, R. H. A.; ALMEIDA, M. J. P.M. A repetição em interpretações de licenciandos em física ao lerem as revistas Ciência Hoje e Pesquisa Fapesp. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p. 51-64, 2010.

DINIZ, M. C. P.; SCHALL, V. O conceito de ciência e cientistas—Análise do discurso e escolha profissional de alunos de um programa de vocação científica no âmbito de uma instituição de pesquisa na área de saúde. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,4, 2003. **Anais do IV ENPEC**, Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

DROESCHER, F. D.; SILVA, E. L.O pesquisador e a produção científica. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 19, n. 1, p. 10-189, 2014.

FAPESP. Revista *Pesquisa FAPESP*: quem somos. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/quem-somos/>>. Acesso em maio de 2015.

FARIA, L. M.; MORAES, I. J.; BARRRIO, J. B. M. A visão de ciência em livros didáticos utilizados por professores de física do ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. **Anais do XVIII ISNEF**, Vitória, ES, 1-10, 2009.

FATARELI, E.F.; MASSI, L.; FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Mapeamento de Textos de Divulgação Científica para Planejamento de Debates no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v 37, n.1, p.11-18, 2015.

FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012.

FIORAVANTI, C. Como explicar um coração tão dividido. **Pesquisa FAPESP**, v.224, 48 a 53. 2014.

FLÔR, C.C.; CASSIANI, S. O que dizem os estudos da linguagem na educação científica? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.11, n. 2, p.67 a 86, 2011.

FOSSEY, M. F. A semântica global em duas revistas de divulgação científica: pesquisa FAPESP e SUPERINTERESSANTE. **Revista dos Cursos de Pós-Graduação**, v. 12, p.129-143, 2007.

FREIRE, L.L. A ciência em ação de Bruno Latour. **Revista IHU ON-LINE**, v.11, n.192, p.1-27, 2013.

GIDDENS, A. **Sociologia**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 600 p.

GIL PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 11, n.2, p. 197-212 1993.

GONÇALVES, E. M. Os discursos da divulgação científica—um estudo de Revistas especializadas em divulgar ciência para o público leigo. **Brazilian Journalism Research**, v. 9, n. 2, p. 210-227, 2013.

GONTIJO, G. B.; MOTA, G. P. R.; LUZ-FREITAS, M. S.; OLIVEIRA, J. R. S. A produção de Histórias em Quadrinhos por estudantes: aspectos pedagógicos e níveis do conhecimento em Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 7, 2014. **Anais do XVII ENEQ**, Ouro Preto, MG, p. 1-12, 2014.

GUIMARÃES, M. Correr faz bem! **Pesquisa Fapesp**. V.225, p.44 a 47, 2014.

GURGEL, I.; BAGDONAS, A.; VELASQUEZ, F.; FABRÍCIO, V.; NORONHA, A. O ensino sobre a Natureza da Ciência através de tópicos de cosmologia: Análise de uma proposta didática utilizando jogos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

HAYASHI, M. C. P. I., ZAUIH G., BELLO S. F., GOMES C., GUTIERREZ, R. F., GUIMARÃES, V. A. L., RIGOLIN, C. C. D. Sociologia da ciência: primeiras aproximações ao Campo. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.6, p.72 -85, 2010.

HAYASHI, M.C.P.I. Sociologia da ciência, Bibliometria e Cientometria: contribuições para análise da produção científica. In: SEMINÁRIO DE EPISTEMOLOGIA E TEORIAS DA EDUCAÇÃO, 4, 2012, Campinas – SP. **Anais eletrônicos...** Campinas, UNICAMP, 2012.

HAYASHI, M.C.P.I.; RIGOLIN, C. C. D.; KERBAUY, M. T. M. (orgs). **Sociologia da ciência: contribuições ao campo CTS**. Campinas: Alínea; 2014.

JESUS, L. R.; PACCA, J. L. A. A construção do Sistema Circulatório na história e na sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

JUNQUEIRA, M.M.; MAXIMIANO, F.A. A Evolução das concepções sobre a Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Anais do VII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2009.

JUSTI, R. Ensino sobre Ciências: Da falta de consenso aos novos desafios a serem enfrentados. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões sobre Ciências e sobre o Cientista entre Estudantes do Ensino Médio. **Química nova na escola**, v. 15, p. 11-18, 2002.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2007.

KRINGER, A. G.; TEIXEIRA, M. L.; AIRES, J. A tabela Periódica a partir da abordagem história e filosofia da ciência: análise de uma proposta didática. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais do VIII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, C. J. S.; TEIXEIRA, M. O. Descoberta, invenção e inovação segundo os estudos sociais anglo-saxões e europeus das ciências. **Revista de Ciência da Informação**, v.8, n.2, p.1-35, 2007.

MARTINS, C. B. **O que é sociologia**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um Texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004.

MATTEDI, M. A sociologia da pesquisa científica: o laboratório científico como unidade de análise sociológica. **Teoria & Pesquisa**, v. 16, n. 2, p. 51-69, 2007.

MELLO, A. D.; FIUZA, L.; GUERRA, A. O uso de imagens como um caminho capaz de problematizar questões a respeito da Natureza da Ciência em torno ao tema Energia Nuclear. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. 2.ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2011.

OCÁRIZ, I. C. O papel educativo do jornalismo científico: análise das revistas Pesquisa Fapesp e Minas Faz Ciência. **Anais do SETA**, v. 6, 2012.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O Ensino De História Da Química: Contribuindo para a Compreensão da Natureza da Ciência. **Ciência & educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, J. R. S. A dinâmica da ciência em artigos de divulgação científica da revista Pesquisa FAPESP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

OLIVEIRA, J.R.S.; QUEIROZ, S.L. Abordagem CTS em atividades sobre a retórica da linguagem científica: a natureza da ciência em foco. In: VII SEMINARIO IBÉRICO/III SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 7/3, 2012. **Anais ...**, Madri, Espanha, 2012.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; CHINELLI, M. V.; COUTINHO, L. G. R. Uma introdução à história e filosofia das Ciências no Ensino Fundamental: reflexões sobre uma prática pedagógica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais do VIII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

OSÓRIO, M. V.; PECHLIYE, M. M. Análise das concepções de alunos de uma escola pública em São Paulo sobre a imagem dos cientistas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais do VIII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

PENN, G. Análise semiótica de imagens paradas. Em: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 8.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013, p.319 a 342.

PERON, T.; GUERRA, A.; FORATO, T. C. Contextualizando Galileu: Um possível Caminho para abordar Natureza da Ciência em Sala de Aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais do VIII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

PETROIANU, A. Autoria de um trabalho científico. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 60-5, 2002.

PIASSI, L.P.; PIETRECOLA, M. De olho no futuro: ficção científica para debater questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1 a 12, 2007.

RIBAS, H. L.; AIRES, J. A. História e Filosofia da Ciência no ensino de química: o que os alunos pensam sobre a colaboração entre os cientistas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 6, 2012. **Anais do XVI ENEQ**, Salvador, BA, p. 1-12, 2012.

ROCHA, M. B. Contribuições dos textos de divulgação científica para o ensino de Ciências na perspectiva dos professores. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 1, p. 132-150, 2012.

ROSA, F.; GOMES, M. J. Comunicação científica: das restrições ao acesso livre. In: ROSA, F.; GOMES, M. J. (Org.). **Repositórios Institucionais: democratizando o acesso ao conhecimento**. Salvador: EDUFBA, 2010.

SANTOS, E. G.; SCHEID, N. M. J. História da Ciência na educação Básica: Contribuições do Cinema. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011. **Anais do VIII ENPEC**, Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

SCHEID, N. M. J.; DELIZOICOV, D.; FERRARI, N. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a História da Ciência pode contribuir para o ensino de genética. **Associação Brasileira de pesquisadores em educação em ciências**, v. 200, n. 1, 2003.

SILVA, B.V.C. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Latin American Journal of Physics Education**, v.4, n.3, p. 670-677, 2010.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1602, 2008.

SILVA, K. V. C.; SANTANA, E. R. e ARROIO A. "Visões de Ciências e Cientistas Através dos Desenhos: Um Estudo de Caso com Alunos dos 8º e 9º Ano do Ensino Fundamental de Escola Pública." In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 6, 2012. **Anais do XVI ENEQ**, Salvador, BA, p. 1-12, 2012.

SILVA, N. M. Elementos para a análise das Histórias em Quadrinhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 24, 2001, Campo Grande. **Anais online...** São Paulo: Intercom. Disponível em: <<http://reposcom.portcom.intercom.org.br>>. Acesso em: 2015.

SOUSA, I. S. F. **A Pesquisa e o Problema de Pesquisa: quem os determina?** Brasília: Embrapa, 2001. Disponível em:<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/84023>> . Acesso em: fev 2015.

TORRES, D.R. **A imagem do cientista na sociologia da ciência de Bruno Latour**. 2013. 129 f., il. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

URIAS, G. M. P.; ASSIS, A. Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 207-228, 2012.

VIANNA, D.M.; CARVALHO, A.M.P. Bruno Latour e contribuições da antropologia da ciência: aspectos para o ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, n. 10, p. 14-19, 2001.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio, Revista Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v.14, n.51, p. 173-196, 2006.

ZARUR, G. C. L. **A arena científica**. Campinas: Editora Autores Associados, 1994. 196 p.

ANEXOS

ANEXO A – Texto completo “Como explicar um coração tão dividido”.



Como explicar um coração tão dividido

Câmaras cardíacas podem ser o resultado da ação do ácido retinoico, usado em cosméticos

TEXTO Carlos Fioravanti | FOTOS Léo Ramos

Pequenos peixes de listras horizontais mantidos em um aquário no Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), em Campinas, estão mostrando muito sobre a formação e a evolução do coração das pessoas. No final de junho, depois de meses examinando os mecanismos de ativação de genes nos músculos do coração do minúsculo *zebrafish*, José Xavier Neto e sua equipe concluíram uma série de experimentos que reforçaram sua hipótese de que a estrutura do coração dos seres humanos, com quatro câmaras internas divididas por válvulas que regulam o fluxo do sangue, poderia ter aparecido há pelo menos 500 milhões de anos, bem antes do surgimento da própria espécie humana, há 2 milhões de anos. O coração do homem, portanto, teria nascido antes mesmo do homem.

As implicações dessa conclusão são um pouco desconcertantes. “Nosso coração é praticamente o mesmo, em termos evolutivos, que o da lampreia”, assegura Xavier. Em vista da importância e dos significados do coração humano, não é muito confortável pensar nessa semelhança, já que a lampreia é um peixe alongado e primitivo, facilmente considerado muito feio, sem nadadeiras nem maxilar, e cuja boca é uma ventosa circular

com o diâmetro do corpo. Xavier parece não se importar com a proximidade. “Do ponto de vista da cladística”, diz ele, referindo-se ao sistema de classificação dos seres vivos que se baseia na relação evolutiva entre as espécies, “nunca deixamos de ser peixes. Somos peixes modificados, as nadadeiras se transformaram em braços e pernas”.

Peixes primitivos como a lampreia já apresentam um coração de quatro cavidades, mas organizadas em sequência, e não em um bloco único, como no coração humano. Em outra espécie evolutivamente muito antiga, que pode ter surgido há cerca de 400 milhões de anos, a piramboia, um peixe encontrado na Amazônia (há um exemplar também no laboratório de Campinas), alongado como uma cobra e dotado de pulmões, o coração já é mais refinado, com uma divisão interna que separa o sangue rico em oxigênio do rico em gás carbônico. Para Xavier, o mais importante, a despeito da forma, é que o trajeto do fluxo do sangue no coração já forma uma espécie de S, mais pronunciado nos peixes e mais sutil nas pessoas.

Por meio de experimentos em *zebrafish*, também chamados de paulistinhas e bem mais simpáticos que a lampreia, em camundongos, codornas e galinhas, a equipe de Campinas tem examinado a



As cores do coração: de peixe e de camundongo (ao lado)

formação das câmaras internas do coração – átrios ou ventrículos, essenciais para o armazenamento ou distribuição do sangue que circula pelo organismo. Quase duas décadas de trabalho fizeram concluir que os tipos de câmara do coração devem resultar da ação do ácido retinoico. É uma ação em ondas, ora mais intensa, ora menos, em momentos específicos do desenvolvimento embrionário. Segundo ele, quando entram em contato com o ácido retinoico, células ainda pouco especializadas recebem instruções para se organizar na forma de um reservatório de sangue, ou seja, um átrio. Quando não detectam nada, formam uma forte bomba propulsora de sangue – um ventrículo.

São estruturas bem diferentes: o átrio, de superfície lisa, funciona como um reservatório que infla ao receber sangue. As proteínas responsá-

veis por sua contração, as miosinas, são lentas. O ventrículo, de superfície rugosa e paredes mais grossas, maior que o átrio, com miosinas de ação rápida, pode contrair com força para fazer o sangue chegar a todas as células do corpo. O coração humano – um órgão do tamanho aproximado de um punho fechado, com 250 gramas (g) nas mulheres adultas e 300 g nos homens adultos, que bate 100 mil vezes por dia, bombeando cerca de cinco litros de sangue – tem dois átrios acima dos dois ventrículos.

Os estudos da equipe de Campinas e outros nessa linha estão ajudando a entender a origem de problemas cardíacos associados ao ácido retinoico, um derivado da vitamina A bastante usado em cosméticos. “Se uma mulher usa no começo da gestação, a má-formação é quase certa. Por isso os médicos pedem um teste de gravidez antes de receitarem ácido retinoico para tratamento de pele”, diz Xavier, carioca formado em medicina pela Universidade Federal do Ceará. “O ser humano é extremamente sensível ao ácido retinoico, mas sem ele não estaríamos aqui. Tudo depende da dose e do lugar onde vai atuar.” A possibilidade de prevenção e a correção de problemas cardíacos por enquanto são remotas, porque o ácido retinoico atua nas primeiras semanas de gestação, quando a mulher em geral ainda não sabe que está grávida.

Se uma mulher usar ácido retinoico no início da gestação, a má-formação fetal é quase certa

Com os experimentos mais recentes, assim que forem publicados, Xavier pretende reforçar sua hipótese e contestar as visões antagônicas de outras equipes interessadas em elucidar os mecanismos que definem o tamanho, a forma e o modo de funcionamento de cada câmara cardíaca. Em 2008, um artigo da equipe de Deborah Yelon, atualmente na Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos, amenizou o papel do ácido retinoico, que estaria associado apenas ao tamanho do coração, e valorizou a proteína produzida a partir do gene

Hox-B5, que também atua na formação do intestino e dos pulmões, com base em experimentos em *zebrafish*. “Quando vi esse *paper*”, lembra-se Xavier, “quase chorei”. “Por causa da situação de meu trabalho em 2008”, diz Xavier, “eu sabia que iria demorar para contestar”.

Em 2005, como pesquisador do Instituto do Coração (InCor) da Universidade de São Paulo (USP), Xavier, com sua equipe, tinha apresentado sua hipótese sobre a formação e a evolução dos compartimentos de sangue no coração de ani-

mais vertebrados. Com base em experimentos com uma variedade impressionante de organismos, a exemplo da *Ciona intestinalis*, um invertebrado marinho cilíndrico que representa os parentes vivos mais próximos dos vertebrados (a formação do coração desse grupo, os tunicados, é similar aos estágios iniciais da formação do coração dos vertebrados), a equipe argumentava que o coração de câmaras de vertebrados poderia ter surgido a partir de modificações de

Depois de dissecar cadáveres, Da Vinci corrigiu Galeno ao ver que o coração era um poderoso músculo

um tubo cardíaco equivalente ao da *Ciona*, que é capaz de fazer movimentos semelhantes ao do intestino quando impulsiona a massa alimentar durante o processo de digestão. “Animais como a lagosta e outros crustáceos representam outro modelo para a formação das câmaras cardíacas, pois têm apenas uma câmara e são muito mais rápidos, por exemplo, que os onicóforos, vermes dotados apenas de um tubo peristáltico simples”, afirma. “As câmaras cardíacas são um atributo de vertebrados, apresentam contração simultânea e são separadas por válvulas, tudo dentro de uma membrana, o pericárdio.” Uma argumentação coerente, porém, não era o bastante. “Eu sabia que ainda teria de provar minhas hipóteses”, diz. “Tive de esperar seis anos até refazer os experimentos e mostrar o papel do ácido retinoico.”

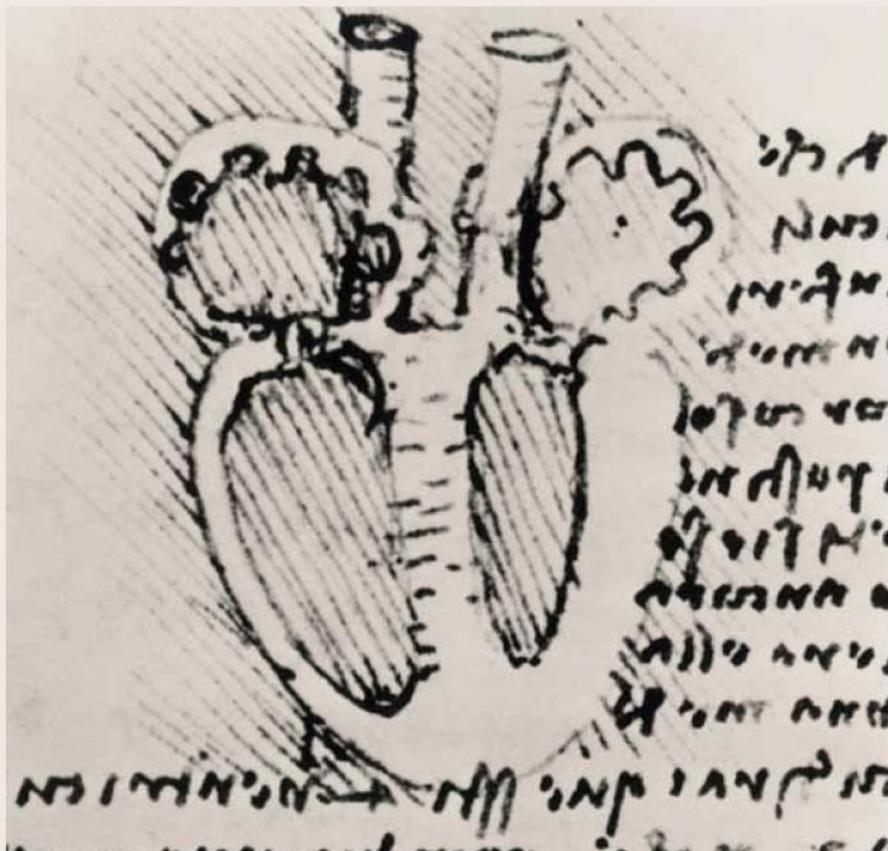
Mesmo agora, com mais argumentos, Xavier sabe que terá de batalhar muito para fazer sua visão prevalecer; se não conseguir, poderá ser desconsiderada ou mesmo esquecida. “Hipóteses sobre evolução dificilmente podem ser testadas”, observa. Além disso, o coração facilmente engana quem procura entendê-lo. O médico romano Cláudio Galeno, um dos fundadores da medicina ocidental, afirmou que o coração era feito de um tecido especial. Quase 1.500 anos depois, Leonardo da Vinci, depois de

dissecar cadáveres, como Galeno, e fazer vários desenhos da anatomia do coração, sentenciou: “O coração é o principal músculo em relação à força”. Já era um avanço, mas outros equívocos persistiram. Durante séculos se pensava

que as veias transportavam ar, já que estavam vazias em animais e pessoas mortas. Um século depois de Da Vinci, o médico inglês William Harvey descreveu a circulação do sangue em detalhes, mostrando que as veias, como as artérias, transportavam sangue e não ar.

Xavier, como outros cientistas contemporâneos, também tomou caminhos equivocados. Logo depois de chegar à Universidade Harvard para o pós-doutorado, em 1997, ele se viu atraído, quase inevitavelmente, pela ideia então em moda de que um único gene poderia ser capaz de definir a formação do coração. Havia um gene candidato, mas os experimentos – os camundongos, mesmo sem esse gene, nasciam com coração, embora morressem logo depois – indicaram que o coração dependia de muitos





As quatro câmaras do coração, vistas por Da Vinci: o artista desfez o equívoco de Galeno, que imaginava apenas duas câmaras

genes para se formar. E ele se rendeu: “É muito mais complicado do que pensávamos”.

Depois disso, Xavier conseguiu reunir animais transgênicos e reagentes apropriados – que aos poucos caíram nas mãos da coordenadora do laboratório, Nadia Rosenthal – para planejar os experimentos que poderiam indicar coisas novas sobre a formação do coração. “Mesmo se fracassar, pensei, já sou grato por observar o desenvolvimento do embrião”, ele recorda. “E, como eu estava começando na biologia do desenvolvimento, podia ver com meus próprios olhos os processos de formação dos órgãos, sem estar contaminado pelo excesso de leitura de artigos científicos.”

Xavier começou então a examinar como a expressão da enzima betagalactosidase poderia indicar a ação do ácido retinoico em diferentes regiões do coração de embriões de camundongos de nove dias. “Quase descolei a retina tentando ver o que não existia nos embriões de camundongos”, diz ele. Aos poucos ele viu claramente o padrão de coloração definido pela ativação do ácido retinoico: “Dependendo da expressão da enzima, as regiões do coração

ficavam verdes, indicando que o ácido retinoico estava atuando naquela área, como ativador ou repressor de vários genes”.

Ele observou que até o sétimo dia da gestação, que demora 21 dias, o coração ainda não havia se formado, nem havia nenhum sinal da ação do ácido retinoico em tecidos cardíacos. Dois dias depois o coração já havia se delineado como um tubo, ocorria uma descarga de ácido retinoico e o átrio se formava. Logo depois, o ácido retinoico desaparecia e se formava o ventrículo. Outros experimentos, em codorna, indicaram que, sem ácido retinoico, o átrio não se formava e, de modo complementar, o excesso dessa substância impedia a formação do ventrículo. “O ácido retinoico é um ator que entra e sai do palco, na mesma peça, em papéis diferentes”, diz Xavier.

“O ácido retinoico é de fato um ator-chave na formação das câmaras cardíacas”, observa Didier Stainier, coordenador de uma equipe da Universidade da Califórnia em São Francisco (UCSF), que estuda a formação do coração em *zebrafish*. Em 2002, Stainier e Deborah Yelon, que trabalhou em seu laboratório, viram o papel do ácido retinoico em um estágio anterior do de-



Embrão de galinha: sob a ação do ácido retinoico

envolvimento: com outras moléculas, poderia induzir a formação de um tecido embrionário primordial chamado endoderme (o coração vai se formar a partir de outro tecido, a mesoderme). Segundo ele, Xavier “tem estado na vanguarda dessas investigações que, sem dúvida, levarão a *insights* adicionais sobre o processo de desenvolvimento do coração”.

Mesmo depois do coração formado, o ator versátil continua em cena. Em 2011, pesquisadores da Universidade Duke, Estados Unidos, mostraram que o ácido retinoico, por causa de sua capacidade de induzir a multiplicação celular, facilitava a regeneração do endocárdio, a camada interna do coração. Outra vez, o modelo experimental era o *zebrafish*; essa espécie é usada há décadas porque as fêmeas produzem muitos ovos, coletados com facilidade, e o embrião se forma a partir de uma única célula, em apenas um dia após a fertilização.

Depois de dois anos em Harvard, Xavier voltou feliz para o InCor disposto a montar um grupo de pesquisa em genética do desenvolvimento embrionário e continuar trabalhando como nos dois anos em que passou em Harvard. Sua primeira dificuldade foi conseguir camundongos, que não chegavam na quantidade e no prazo esperados. Ele não se acomodou e saiu perguntando onde poderia comprar ovo de galinha fertilizado e estufa, de modo a não deixar o trabalho parar. Muitos anos antes, com a mesma avidez por fazer ciência, ele tinha caçado sapos para fazer os experimentos previstos em seu estágio já no primeiro ano do curso de medicina em Fortaleza. “Desde a graduação eu já queria ser pesquisador”, diz ele, ao comentar, em seguida, que gostava muito das disciplinas básicas como bioquímica, para as quais os aspirantes a médicos normalmente torcem o nariz. Desde antes ele já gostava do mundo da ciência, acompanhando o pai,

que era professor de bioquímica na universidade, aos laboratórios e estufas de plantas. “Lembra do *kit Os cientistas*, da década de 1970? Eu tinha todos. Vivo nesse mundo desde cedo.”

Xavier demorou cinco anos até montar sua própria equipe e o laboratório de que precisava para retomar o ritmo de trabalho que desejava. “Se ficar sozinho, está perdido”, ele conclui. “*Network* é tudo.” Por meio de testes em galinhas e em codornas, ele verificou que a ação do ácido retinoico, por sua vez, era regulada pela enzima RALDH2. “Detalhei o que e quando acontecia”, diz. Ele não parou mais de aproveitar os estudos sobre outros animais – vermes marinhos, *escargots*, lagostas e outros – para examinar os processos evolutivos de formação do coração e, a partir de 2010, quando se mudou para o LNBio, continuou a produzir linhagens de animais transgênicos, a maioria sob encomenda, para experimentos de outros pesquisadores e de seu próprio grupo. Incapaz de se aquietar, em agosto ele percorreu outra vez a chapada do Araripe, no Ceará, em busca de fósseis de peixes com idade média de 120 milhões de anos que, examinados por tomografia, poderiam revelar um pouco mais da evolução do coração. ■

Projeto

Evolução e desenvolvimento das câmaras cardíacas (nº 06/50843-0); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisador responsável José Xavier Neto (LNBio); Investimento R\$ 311.558,83 (FAPESP).

Artigos científicos

SIMÕES-COSTA M. S. et al. The evolutionary origin of cardiac chambers. *Developmental Biology*. v. 277, n. 1, p. 1-15, 2005.
MOSS, J. B. et al. Dynamic patterns of retinoic acid synthesis and response in the developing mammalian heart. *Developmental Biology*. v. 199, p. 55-71, 1998.
WAXMAN, J. S. et al. Hoxb5b acts downstream of retinoic acid signaling in the forelimb field to restrict heart field potential in zebrafish. *Developmental Biology*. v. 15, n. 6, p. 923-34.
YELON D. e STAINIER, D.Y. Pattern formation: swimming in retinoic acid. *Current Biology*. v. 12, n. 20, p. 707-9.

Anexo B – Texto completo “Correr faz bem!”.

CIÊNCIA SAÚDE

Correr faz bem!

Exercício aeróbico combate inflamação e enrijecimento dos pulmões em doenças respiratórias como asma e pneumonia

Maria Guimarães

A cautela bastante antiga que levava os asmáticos a se esquivarem de práticas esportivas parece estar baseada num engano, conforme vem mostrando o trabalho de Rodolfo de Paula Vieira, da Universidade Nove de Julho (Uninove). Desde o doutorado, realizado na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), o pesquisador graduado em educação física vem mostrando e detalhando como o exercício aeróbico combate os efeitos nocivos de doenças respiratórias. “É preciso que o exercício seja moderado para causar os efeitos benéficos sem desencadear crises de asma”, explica. “O problema é que é difícil controlar a intensidade do esforço de crianças numa aula de educação física.”

Vieira entrou no doutorado, em 2004, com a intenção de estudar os efeitos do exercício na asma, sob orientação da médica Marisa Dolnikoff e do fisioterapeuta Celso Carvalho, também da USP. Sofreu o primeiro revés apenas um mês depois, quando foi publicado no *Journal of Im-*

munology um artigo do grupo da imunologista norte-americana Lisa Schwiebert, da Universidade do Alabama em Birmingham, mostrando que o exercício reduz os processos inflamatórios num modelo de asma em camundongos. Mas o jovem estudante não esmoreceu e partiu para detalhar esses efeitos, mostrando em artigo publicado em 2007, no *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, que, além dos efeitos anti-inflamatórios nos tecidos pulmonares, o exercício também combate a fibrose típica da asma. “A inflamação não resolvida leva ao espessamento das vias aéreas, num processo progressivo e irreversível”, explica. Essa fibrose torna os pulmões menos flexíveis e reduz as trocas gasosas – efeitos que podem durar a vida inteira, mesmo que as crises sejam controladas.

Nos últimos anos, em parte durante um pós-doutorado na Universidade de Friburgo, na Alemanha, Vieira vem mostrando os efeitos benéficos do exercício físico em doenças respiratórias, como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica

Miniacademia: em esteira adaptada, vários camundongos podem correr ao mesmo tempo



EDUARDO CESAR

A concentração de fatores inflamatórios é reduzida com o treino cotidiano de corrida

Caixa ligada a tubo onde se encaixa um cigarro permite simular efeitos em fumantes



(DPOC), síndrome do desconforto respiratório agudo e pneumonia, e também em situações que agridem as vias respiratórias, como a exposição à poluição atmosférica e o consumo de cigarros. Boa parte do trabalho foi feita usando camundongos como modelo, mas isso deve mudar em breve.

“No início de 2015 vamos inaugurar um centro de avaliação física e de reabilitação pulmonar aberto à população”, conta o pesquisador, mostrando uma sala com 15 esteiras elétricas – dessas de academia – e uma bicicleta ergométrica. “Vamos ter também equipamentos para musculação e estrutura para colher sangue, saliva e escarro induzido para análises.” Tudo isso em um espaço considerável que obteve no *campus* da Uninove na rua Vergueiro, no bairro paulistano da Liberdade, um enorme prédio onde circulam diariamente 35 mil estudantes. Apesar da pouca tradição em pesquisa acadêmica, a universidade cedeu e está reformando as áreas necessárias ao estabelecimento do laboratório de Vieira graças aos recursos do projeto no Programa Jovem Pesquisador da FAPESP, que entrou em vigor neste ano. A conversa que serviu de base para esta reportagem aconteceu em meio a equipamento recém-instalado. “Esta centrífuga foi entregue semana passada”, contou o pesquisador, enquanto ensinava alunos a operá-la. Até o final do ano, ele espera receber todo o equipamento que já adquiriu e ter condições completas de recrutar voluntários humanos para ceder esforço, escarro e sangue. “A ideia é avaliarmos não só os fatores inflamatórios e anti-inflamatórios nas vias respiratórias, mas também a inflamação sistêmica, no sangue, por meio da técnica de citometria de fluxo”, explica Vieira, se referindo ao aparelho principal do laboratório, obtido no Programa de Equipamentos Multiusuários da FAPESP.

Até agora, os trabalhos com roedores permitiram avançar mapeando como os efeitos do exercício chegam aos pulmões. Em artigo publicado em junho deste ano na revista *International Journal of Sports Medicine*, ele mediu quanto havia de proteínas com ação anti-inflamatória (interleucina-10) e inflamatória (interleucinas 4, 5 e 13) no líquido obtido por lavagem dos brônquios e no sangue de camundongos submetidos a um regime de exercício em esteiras adaptadas, com ou sem a aplicação de ovoalbumina, que induz nos roedores uma condição semelhante à asma. Os resultados mostram que a asma aumenta a concentração de fatores inflamatórios, que é reduzida com o treino cotidiano de corrida. “O exercício ativa os músculos esqueléticos, as células T regulatórias e o epitélio brônquico, levando à produção de interleucina-10, que entra na corrente sanguínea e chega aos pulmões”, resume Vieira. Grande parte dessa proteína fica na circulação sistêmica e pode combater a inflamação onde for necessário, mas uma fração entra nos pulmões e se soma à produzida ali mesmo.

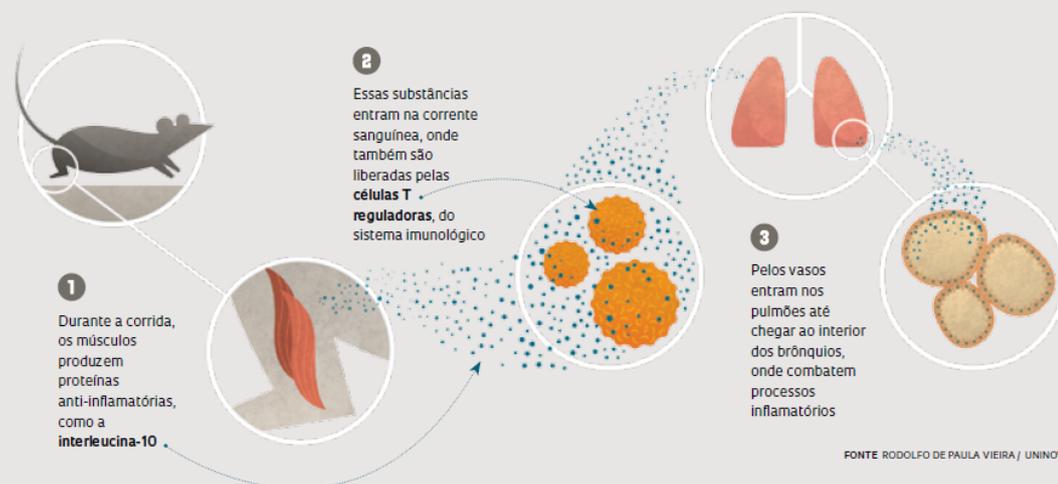
Mas a novidade mais importante do estudo foi indicar que o aumento ou a redução da produção de determinadas substâncias em situação de exercício aeróbico inibe no pulmão a ativação de leucócitos, células do sistema imunológico envolvidas no processo inflamatório. Além das interleucinas, o exercício também inibe a ação de outros protagonistas nessa história: diversos fatores de crescimento, proteínas que atuam na proliferação e diferenciação de células e se acredita serem os principais mediadores das alterações nas vias respiratórias, como a fibrose.

NA FUMAÇA

O efeito benéfico do exercício também se manifesta em pessoas saudáveis sujeitas aos efeitos nocivos da poluição atmosférica, como corredores que treinam perto de avenidas. No caso do experimento, feito em parceria com Marisa Dolnikoff e Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da FMUSP, os esportistas eram camundongos correndo em esteiras. Depois de correr por 10 minutos, eles recebiam uma gota em cada narina de uma solução concentrada das partículas emitidas pelo cano de escape de veículos a diesel. Depois voltavam a correr, simulando uma sessão de exercício aeróbico moderado. “Ficamos surpresos em ver que o exercício protege os pulmões”, conta Vieira, que esperava encontrar uma camada dessas partículas depositada no sistema respiratório dos roedores. “Agora precisamos investigar como isso acontece.” Ele imagina que o epitélio (revestimento) pulmonar pode ficar mais eficiente em remover o poluente, com cerdas microscópicas funcionando como vassouras incansáveis. Seja qual for o mecanismo, o resultado traz uma nota

Na esteira pelo bem dos pulmões

Moléculas produzidas durante exercício aeróbico combatem doenças respiratórias



de otimismo para ciclistas que arquejam enquanto disputam espaço nas ruas com carros fumacentos, mas ainda é preciso esperar para ver se os experimentos com roedores refletem a realidade humana.

Outra fumaça que costuma causar danos extensos é aquela tragada por fumantes, e pode ser um fator importante no desenvolvimento de enfisema e DPOC. Em colaboração com o grupo de Milton Martins, da FMUSP, Vieira participou de um estudo em que, ao longo de 24 semanas, camundongos eram postos em câmaras ligadas a um tubo com um cigarro aceso na ponta, expondo os roedores à fumaça que é tragada, não aquela que acaba destinada aos que convivem com fumantes. Os resultados, publicados em 2012 no *European Respiratory Journal*, mostraram que um regime de treinos em esteira cinco dias por semana reduziu de forma significativa a produção de substâncias responsáveis por estresse oxidativo, ao mesmo tempo que aumentou o teor de enzimas antioxidantes. O saldo foi uma proteção contra o enfisema nesses roedores. Os resultados sugerem que, em humanos, a proteção pode valer também para DPOC. Camundongos continuam a fumar no laboratório da Uninove, de maneira que mais resultados devem surgir nos próximos anos.

Os esforços de Vieira vêm sendo reconhecidos não só pela ampla rede de colaborações e grande número de publicações, apesar de estar em plena instalação do laboratório. Seu grupo foi o mais premiado no congresso da Sociedade Respiratória Europeia, que aconteceu em setembro deste ano em Munique, Alemanha, com quatro prêmios recebidos. Um deles indicou que o exer-

cício físico protege contra a pneumonia causada pela bactéria *Pseudomonas aeruginosa*, a principal responsável por infecções oportunistas em ambientes hospitalares e por mortes em unidades de terapia intensiva. “A inflamação era 70% menor na fase aguda da pneumonia”, explica. “Foi o primeiro trabalho do nosso grupo em infecção respiratória”, conta o pesquisador, celebrando a boa acolhida no encontro internacional que reuniu cerca de 22 mil especialistas.

Com o início dos testes com voluntários humanos e parcerias com hospitais e com o atendimento clínico na própria Uninove, Vieira promete muitas novidades nos próximos anos. Por enquanto, o recado aos asmáticos é: faça exercício regularmente, sob orientação, mas não exagere! ■

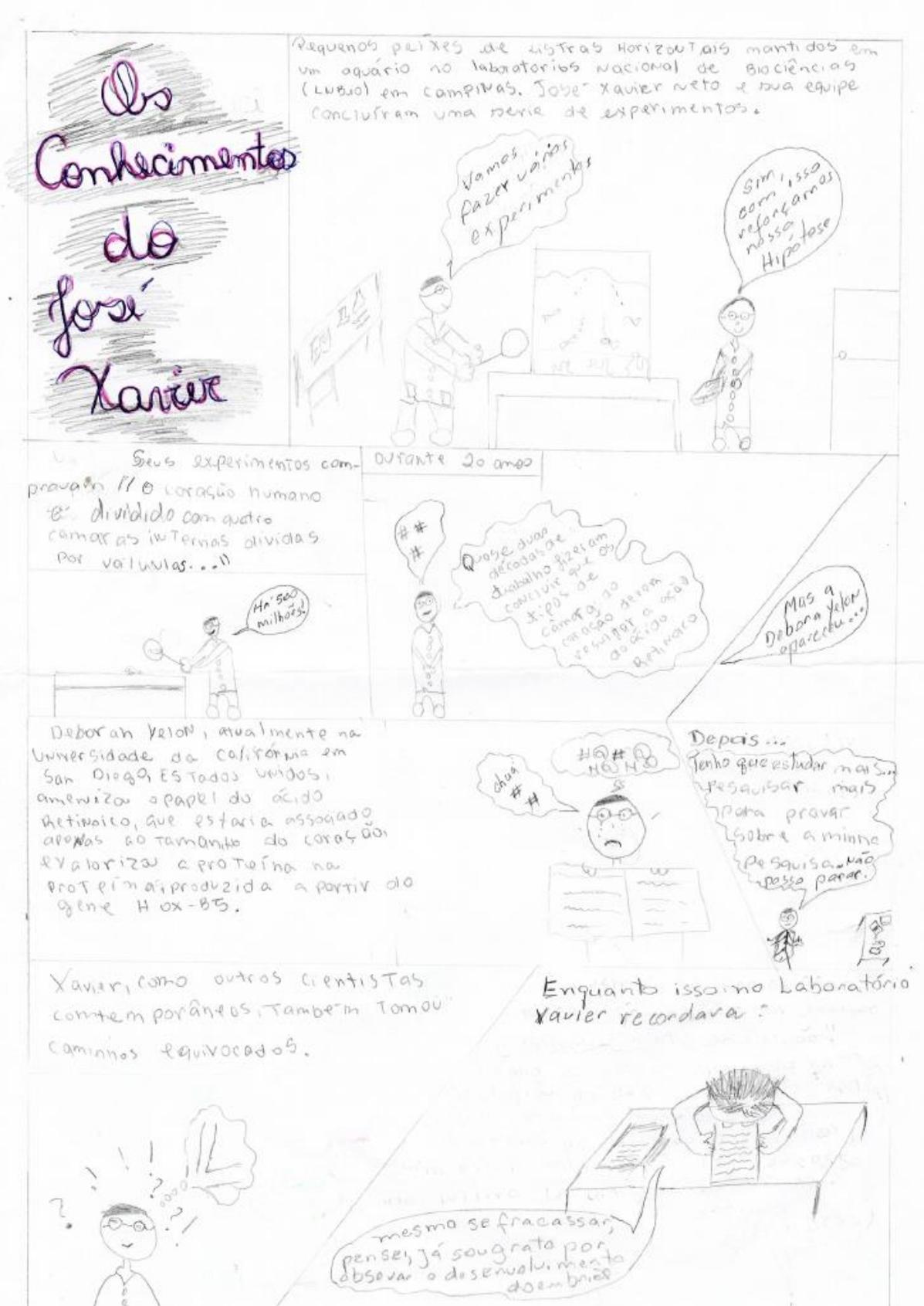
Projetos

1. Papel da sinalização purinérgica e da sinalização SOCS-JAK-STAT nos efeitos anti-inflamatórios do treinamento aeróbico em modelos experimentais de asma e em indivíduos asmáticos (nº 2012/15165-2); Modalidade Jovem Pesquisador; Pesquisador responsável Rodolfo de Paula Vieira (Uninove); Investimento R\$ 1.131.587,47 (FAPESP).
2. EMU concedido no processo 2012/15165-2; Citômetro de Fluxo Accuri (nº 2014/07171-8); Modalidade Equipamento Multiusuário Modalidade 3; Pesquisador responsável Rodolfo de Paula Vieira (Uninove); Investimento R\$ 161.798,40 (FAPESP).

Artigos científicos

- VIEIRA, R. P. et al. Exercise deactivates leukocytes in asthma. *International Journal of Sports Medicine*. v. 35, n. 7, p. 629-35, jun 2014.
- VIEIRA, R. P. et al. Anti-inflammatory effects of aerobic exercise in mice exposed to air pollution. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. v. 44, n. 7, p. 1227-34, jul. 2012.
- TOLEDO, A. C. et al. Aerobic exercise attenuates pulmonary injury induced by exposure to cigarette smoke. *European Respiratory Journal*. v. 39, n. 2, p. 254-64, fev. 2012.

ANEXO C – HQ “Os conhecimentos do José Xavier”





ANEXO D – HQ “Correr faz bem!”.

