

**ENSINO DE FÍSICA EM UMA ESCOLA PÚBLICA:  
UM ESTUDO DE CASO ETNOGRÁFICO COM UM VIÉS EPISTEMOLÓGICO**  
(Physics teaching in a public school: an ethnographic case study with an  
epistemological bias)

**Neusa T. Massoni** [neusa.massoni@if.ufrgs.br]

**Marco Antonio Moreira** [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física da UFRGS

Caixa Postal 15051 - campus

91501-97- Porto Alegre, RS, Brasil

### **Resumo**

Este trabalho é uma etnografia de sala de aula. A etnografia procura descrever compreensivamente uma cultura, neste caso, a cultura da sala de aula da disciplina de Física lecionada no terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, Brasil. O estudo faz parte de uma pesquisa mais abrangente que teve por objetivo investigar as contribuições de posturas contemporâneas sobre a natureza da ciência para a melhoria do ensino da Física. É nesse sentido que o presente artigo assume uma perspectiva epistemológica. O professor de Física observado tinha concepções parcialmente alinhadas a essas posturas epistemológicas e muito embora nossa expectativa inicial fosse investigar as relações entre as concepções e as práticas didáticas, o que obtivemos foi uma descrição interpretativa detalhada da realidade da sala de aula e do contexto escolar, que acabou por revelar vários aspectos relevantes para a compreensão dessa cultura e do processo do ensino e aprendizagem da Física. Essa descrição interpretativa é o que apresentamos.

**Palavras-chave:** ensino de Física; etnografia de sala de aula; visões epistemológicas contemporâneas.

### **Abstract**

This paper is a classroom ethnography. Ethnography is a research strategy that attempts to comprehensively describe a culture, in this case the culture of a physics classroom in the 12<sup>th</sup> grade of a public high school in Porto Alegre, Brazil. This study is part of a larger scope study designed to investigate the contributions of contemporary views of the nature of science to the improvement of physics teaching. It is in sense that this paper assumes an epistemological perspective. The physics teacher that was observed had conceptions partially aligned to those epistemological views, however, although our initial intention was to search for relationships between her conceptions and her teaching practices we ended up with a detailed interpretative description of the classroom reality that revealed relevant aspects to the comprehension of such a culture and to the teaching and learning process in physics. This interpretative description is what we present here.

**Keywords:** teaching of physics; classroom ethnography; contemporary epistemological views.

### **Introdução**

Este artigo busca fazer uma descrição interpretativa detalhada das práticas, dos comportamentos, das falas e das ações dos alunos e do professor da disciplina de Física, de uma turma de Ensino Médio, em uma escola pública. Procurou-se compreender essa cultura e, ao mesmo tempo, vislumbrar possíveis contribuições de visões epistemológicas contemporâneas no ensino e aprendizagem da Física e identificar relações entre as concepções epistemológicas do professor e suas práticas didáticas.

Trata-se de um estudo de caso. A metodologia de pesquisa qualitativa em educação, neste caso com base na perspectiva antropológica, pode ser muito útil para tentar descrever uma *cultura ou determinados aspectos dela*, segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 57), e designa-se *etnografia*. A razão de ser da etnografia é compreender a vida em grupo como ela é vivida. Não se pretende testar hipóteses previamente construídas. O pesquisador é ao mesmo tempo observador e participante, por longo tempo, influencia e é influenciado, produz material de campo que passa a ser matéria-prima para a análise, em um paradigma em que a realidade é socialmente construída. A tentativa de captar os significados da perspectiva dos alunos e do professor dos eventos daquele cenário particular, como ele se organiza, e como tudo o que ali ocorre se relaciona com os sistemas externos, segundo Erickson (1986, p.119) confere à pesquisa um caráter interpretativo. Yin (2001, p. 32) afirma que *estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos*. Esta definição é aplicável a um estudo de caso etnográfico, como o que aqui se apresenta.

Acredita-se que este tipo de estudo é mais apropriado para conhecer e compreender a realidade da sala de aula, pois confere substância e significação à pesquisa. Pode também auxiliar os professores de Física a refletirem suas próprias práticas didáticas, em especial no que respeita ao uso de aspectos da natureza da ciência, bem como incentivar outros pesquisadores a investigarem distintos contextos em diferentes locais e, assim, se obter valiosas informações visando contribuir para a melhoria do ensino de Física.

### **Aporte Teórico-Epistemológico**

Professor investigado cursara uma disciplina de Epistemologia e Ensino de Física no Mestrado Profissional da UFRGS, onde teve contato, pelo menos introdutório, com as posturas de alguns dos principais Filósofos da Ciência que ganharam destaque ao longo do século XX e que nos servem de aporte teórico-epistemológico neste trabalho. Trata-se das posturas de Karl Popper (1982), Thomas S. Kuhn (1978), Imre Lakatos (1993), Gaston Bachelard (1988), Larry Laudan (1977), Humberto Maturana (2001), Paul Feyerabend (1989), Stephen Toulmin (1977) e Mario Bunge (1960).

A principal característica das chamadas “visões epistemológicas contemporâneas” é a sua diversidade e a não uniformidade de ideias sobre o processo da ciência, razão pela qual não serão aqui discutidas em profundidade, para não alongar demasiadamente o texto.

Pode-se afirmar, contudo, que essas posturas, surgidas inicialmente para combater a visão empirista-indutivista, constituem uma nova maneira de conceber a natureza da ciência, seu “método” e sua evolução histórica. Através delas passou-se a defender, em grandes linhas, que a ciência é uma construção humana; que o conhecimento científico não nasce da observação pura e ingênua; que toda a observação está carregada de pressupostos teóricos; que as leis e teorias da Física têm natureza hipotética, conjectural e não são verdades fixas e imutáveis, mas são aceitas provisoriamente até que apareçam modificações ou novas explicações; que conceitos, leis, teorias e modelos científicos evoluem com o desenvolvimento da ciência; que o conhecimento científico não é linear e cumulativo, mas é marcado por controvérsias, erros e retificações; que elementos não racionais como imaginação, criatividade e intuição fazem parte do processo da ciência; que não existe um “método científico” universal, ahistórico e algorítmico para se fazer ciência, mas distintos procedimentos metodológicos podem estar implícitos em diferentes ramos da ciência; que há competição entre teorias e programas de pesquisa nos diversos campos da ciência; que aspirações pessoais dos cientistas e o contexto sócio-político-cultural interferem na ciência; que teorias não são descobertas, mas são propostas tentativamente e verificadas experimentalmente em alguma medida; que as comunidades científicas, os periódicos, os congressos e encontros estimulam e ao mesmo

tempo filtram novas ideias científicas e que a instrumentação e a técnica são fundamentais para a criação de novos fatos científicos e para o avanço da ciência.

A literatura na área de Pesquisa em Ensino de Ciências que tem foco na Epistemologia e também na História da Ciência apresenta uma riqueza de trabalhos sobre distintos aspectos associados com a natureza da ciência. A importância de se ensinar os conteúdos da Física falando também sobre a Física e assim estimular a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos (Meichtry, 1993; Matthews, 1995; Hashweh, 1996; Lederman, 1999; Lederman *et al.*, 2002; Davson-Galle, 2004; Matthews, 2009); estudos que visam identificar as concepções epistemológicas, em geral ingênuas, de estudantes e de professores de ciências e propõem estratégias para transformá-las (Lederman e Druger, 1985; Bell, Lederman e Abd-El-Khalick, 1998; Amorim, 1999; Teixeira, El-Hani e Freire, 2001; Khishfe e Abd-El-Khalick, 2002; El-Hani, Tavares e Rocha, 2004; Guerra *et al.*, 2004; Moreno, 2006); propostas e argumentações que objetivam promover discussões sobre a natureza da ciência tanto nos cursos de formação de professores quanto nas aulas do Ensino Médio como forma de melhorar e contextualizar historicamente o ensino (Solomon *et al.*, 1992; Solbes e Traver, 2001; Lin e Chen, 2002; Silveira e Peduzzi, 2006; Marshall, 2007; Silva e Moura, 2008; Silveira e Medeiros, 2009) e tornar os conceitos de Física mais acessíveis (McClelland, 1983; Nussbaum, Sinatra e Poliquin, 2008), são apenas alguns exemplos da pluralidade de linhas de pesquisa e de trabalhos nessa área.

### **Descrição da escola e do público alvo**

Este estudo de caso etnográfico foi realizado em uma escola pública de Ensino Médio de Porto Alegre. A escola atende mais de três mil alunos nos três turnos, fica localizada em uma região central de Porto Alegre e ocupa um prédio amplo, ainda que, mal conservado.

A turma observada era de terceiro ano do Ensino Médio, com 37 alunos inicialmente inscritos, no turno da manhã. O período de imersão compreendeu 49 horas-aula de Física, com duração de 50 minutos cada hora-aula, e se estendeu durante o 2º semestre do ano letivo de 2008.

Professor de Física, que neste estudo chamamos de Prof. C, tem Licenciatura em Física pela UFRGS. Durante sua graduação, concluída havia 10 anos, não cursara disciplinas de Epistemologia, mas cursou a disciplina de Epistemologia e Ensino de Física no Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS. O docente tinha preocupação com sua formação continuada e retornava constantemente à universidade para participar de atividades na área: encontros, minicursos, palestras, etc., onde demonstrava ter conhecimento e interesse nas visões epistemológicas contemporâneas e parecia perceber nelas oportunidades de melhoria de sua prática docente. Foi nessa perspectiva que recaiu a escolha para a realização do presente estudo de caso etnográfico.

### **O cotidiano da sala de aula de uma escola pública de Ensino Médio**

A observação participante teve início em 26/08/08. No começo das duas primeiras aulas vieram também algumas surpresas. Uma sequência inusitada de eventos: 1º) chegamos em frente à sala de aula no segundo andar do prédio principal e encontramos a porta fechada, Prof. C ficou sem saber se entrava e interrompia uma prova que os alunos realizavam, participando das Olimpíadas de Matemática. Na dúvida, como o horário era de Física, bateu à porta e entrou; 2º) uma orientadora pedagógica chegou avisando que haveria reunião geral dos professores naquela manhã, às 11h00 (em pleno horário de aula); 3º) os alunos, que seriam dispensados 10 min antes do horário marcado para a reunião, vibraram com a notícia; 4º) o Prof. C manifestou surpresa, pois não tinha conhecimento da reunião.

Em um dia em que a aula deveria ter começado às 10h05min, mas que teve início às 10h20min, e em que deveriam ter dois períodos de Física, um deles seria suspenso e os alunos sentiam-se, ao que parecia, premiados com isso. Some-se ainda a confusão inicial, dado que vários alunos seguiram resolvendo a prova de Matemática em outra sala, e apenas alguns permaneceram na aula de Física. Prof. C precisou consultar a orientação pedagógica para uma decisão final sobre dar, ou não, aula naquele dia. Houve aula.

Prof. C, finalmente, começou a aula colocando no quadro algumas informações:

*“Bom dia! Revisar para a prova (de 9 de setembro) os seguintes itens: campo elétrico; potencial elétrico; introdução à eletrodinâmica; corrente elétrica. Prova (valendo): 4 pontos, com 10 questões, sem consulta”.*

Solicitou que os alunos copiassem. Era surpreendente que o Prof. C começasse sua aula escrevendo no quadro um cumprimento (Bom dia!). Veremos ao longo desta análise que isso se repetia todos os inícios de aula. Era mais do que um cumprimento. Tinha o sentido de alcançar uma comunicação com seus interlocutores. Voltaremos a essas questões. O conteúdo em estudo era Eletricidade (Eletrostática e Eletrodinâmica). A faixa etária dos estudantes era heterogênea, oscilava entre 17 e 20 anos. Um sinal que indicava repetências.

A sala de aula era ampla, podia acomodar com tranquilidade em torno de 35 alunos, mas se encontrava suja, desorganizada, com classes e cadeiras envelhecidas, riscadas, sem pintura, e lixo espalhado pelo chão empoeirado. O Prof. C procurou modificar esse panorama, abriu as janelas para arejar, enfileirou as classes e deu à sala um aspecto mais ordenado. Fez a chamada pelo nome. Apenas sete alunos estavam presentes decidiu fazer uma aula de exercícios para não prejudicar os colegas ausentes.

Os alunos foram incentivados a resolver alguns exercícios de uma lista previamente entregue. Naquela fria manhã de agosto, não se mostravam animados. Perguntamos a uma aluna ao nosso lado e ela informou que a turma tinha originalmente 37 alunos, mas que muitos *costumam faltar e outros pediram transferências para outras escolas ou outros turnos. Sobraram menos de 30*, disse ela.

Isso se encaixava bem com o resultado de uma conversa que tínhamos tido naquela manhã com outro professor de Física de 1º ano do Ensino Médio daquela escola. Ele se dizia preocupado com um sério esvaziamento da escola. Perguntamos por quê? *Os alunos, em geral, vêm da periferia, têm problemas de várias ordens, às vezes não conseguem pagar o transporte e acabam abandonando a escola*, afirmou.

Os alunos tentaram resolver um ou outro exercício. Pareciam alheios ou tinham dificuldades de compreensão, não sabíamos definir com precisão. Prof. C sugeriu que resolvessem em grupo, mas os grupos não se formaram. Apenas duas alunas trabalharam em dupla. O docente circulava pela sala tentando ajudá-los de forma individual.

Aluno 2: *Professor, não tenho a folha com as fórmulas.*

Prof. C.: *Você tem as fórmulas no caderno...*

Aluno 3: *Professor, não sei fazer!*

Prof. C.: *O que você não sabe?*

Aluno 3: *Nada. Não sei fazer nada!*

Esse tipo de argumentos levou Prof. C a escrever as fórmulas no quadro:  $E=F/q$ ;  $E=k.Q/d^2$ ;  $F=m.a=m.g$ .

Prof. C: *Se tenho uma carga elétrica num campo elétrico e ela está em equilíbrio então  $F_r=0$ , ou seja,  $m.a=0$ , logo,  $a=0$ ; mas não podemos afirmar se ela está parada ou em MRU...*

Foi uma aula de apenas 30 minutos, e terminou sem que o docente resolvesse os exercícios no quadro. Não foi possível saber quantos exercícios tinham sido resolvidos, nem se as resoluções estavam adequadas. Uma aula infrutífera.

A aula em 29/08/08 começou com cinco minutos de atraso. A turma estava barulhenta e a sala de aula novamente desorganizada e suja. Os alunos demoraram alguns minutos para ocuparem seus lugares enquanto Prof. C organizava e arejava a sala. O docente teve dificuldades para minimizar a conversa intensa. Começou fazendo a chamada pelo nome. Vinte e quatro alunos estavam em aula. Dois colegas chegaram atrasados, fazendo barulho e tumultuando o ambiente. Por fim, Prof. C pareceu ter desistido de um embate direto e, em silêncio, passou a escrever no quadro:

*“Bom dia! Objetivo de hoje: resolução de alguns problemas/exercícios da lista como preparação para a prova”.*

Prof. C: *Quais foram as questões em que vocês tiveram mais dificuldades?*

Aluno 1: *Todas!*

Prof. C: *Todas não! Vamos resolver as mais difíceis, por exemplo, a 5 e a 6.*

Uma aluna pediu para sair. Alegou que não tinha dificuldades com o conteúdo. O docente concordou e concedeu a mesma liberdade para todos os que assim o desejassem. Ao todo, seis retiraram-se. Um dos alunos que permaneceram em aula fez um comentário, que pela entonação expressava um misto de alívio e desaprovação.

Aluno 2: *Eles têm mesmo que sair, não se interessam por nada!*

Os alunos tinham diferentes discursos dependendo da situação. Quando cobrados usavam uma linguagem defensiva, fechavam-se em torno de um “não sabemos fazer”. Quando lhes era dada liberdade de escolha abriam a retaguarda, eram menos defensivos: enquanto alguns usufruíam da liberdade outros faziam críticas (e autocríticas) oportunas. Faziam também algumas manobras concessivas. Nesse momento um aluno se prontificou para ler e resolver no quadro o exercício 5 da lista: uma carga de  $-3 \cdot 10^{-6}$  C era submetida a uma força de 9 N. Perguntava-se qual o campo elétrico a que estava sujeita? O aluno resolveu de forma concisa.

Aluno 3:  $E=F/q = 9 \text{ N} / (3 \cdot 10^{-6} \text{ C}) = 3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ .

Tão simples quanto isso. O problema, como se pode ver, era uma aplicação direta da definição. O Aluno 3 limitou-se a escrever os cálculos, sem explicar. Houve discordâncias.

Aluno 4: *É de menos ou de mais o sinal do expoente?*

Prof. C não respondeu. Houve discussões e, por fim, um pedido.

Aluno 5: *Professor, por que você não resolve?*

Prof. C: *É positivo. Isso vem da Matemática. Não é Física. Se no denominador o expoente é negativo ele passa para o numerador com sinal trocado (...).*

Prof. C circulava pela sala, auxiliando e procurando atender a chamados individuais. Essa parecia ser sua sistemática. Porém, dessa forma, nem todos eram atendidos. A demanda era grande. Alguns alunos queriam confirmar as respostas, outros queriam as respostas. O Aluno 3 voltou ao

quadro para resolver o exercício 6. Houve nova discussão sobre o sinal do expoente. Os alunos pareciam ter habilidades matemáticas mínimas. O docente interveio.

Prof. C: *Vamos analisar... Temos potência de 10 com expoente negativo no numerador e com expoente positivo no denominador; a resposta que o colega obteve foi uma carga de  $0,4 \cdot 10^{-6}$  C...pausa... tem potência de 10 com expoente negativo porque  $E=5 \cdot 10^3$  N/C e a força é  $2 \cdot 10^{-3}$  N ...então fazendo  $q=F/E=0,4 \cdot 10^{-6}$  C. É isso...*

Prof. C refez os cálculos. Parou. Refletiu em voz alta. Em dado momento pareceu hesitar. Foi o suficiente para que alguns alunos expressassem sua própria interpretação. Ouviu-se comentários do tipo “*professor às vezes se enrola todo...*”. Era como se ele tivesse dado sinais de insegurança, que não passaram despercebidos aos alunos.

A aula, de um só período, encerrou às 12h20min com apenas dois exercícios resolvidos, em meio a muito ruído. Prof. C dava tempo demais para que os alunos resolvessem exercícios e como era de se prever os alunos perdiam o foco, o interesse, e a aula ia passando, simplesmente passando. Novamente não foi possível avaliar quantos exercícios mais os alunos conseguiram resolver. Pareceu não ter havido avanços significativos. A estratégia do docente de atender individualmente, se por um lado estreitava os laços de amizade e camaradagem, aspecto que os alunos apreciavam, por outro tornava as aulas improdutivas e impossibilitava que as dúvidas fossem discutidas no grande grupo.

No início das aulas 4 e 5, em 02/09/08, como de costume, Prof. C começou organizando a sala e escrevendo no quadro os avisos do dia. Havia muita conversa e como todos queriam se fazer ouvir era preciso falar quase aos gritos. Alguns cantavam, outros circulavam pela sala.

Prof. C passou a escrever, em silêncio, um resumo do conteúdo que seria abordado na prova (marcada para 9 de setembro). Ele fazia uso constante dessa tática para implicitamente solicitar silêncio. Via de regra não funcionava.

Aluno 1: *Professor é para copiar?*

Prof. C: *Sim, devem copiar.*

Aluno 2: *Não é só para a gente lembrar?*

Prof. C: *Sim, mas é importante terem um esquema no caderno para servir de resumo...*

Passaram-se mais de 20 minutos até que, finalmente, os alunos começaram a copiar.

*“Campo elétrico criado por uma carga elétrica:*

$\begin{array}{l} \longrightarrow q+ \quad E(\text{linhas de campo apontam para fora}) \\ \longleftarrow q- \quad E(\text{Linhas de campo apontam para dentro}) \end{array}$

*Definição:  $E=kQ/d^2$ ;  $k$ =constante eletrostática,  $9 \cdot 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;*

*Força elétrica: se a carga for positiva  $F$  e  $E$  têm o mesmo sentido (...).”*

Havia dois motivos, ao que parecia, pelos quais Prof. C tinha a preocupação de escrever “tudo” no quadro: primeiro porque os alunos eram desorganizados e ele procurava se resguardar escrevendo em detalhe; segundo porque a escola não adotava livro de texto, nem apostila, e assim o caderno era a única fonte de consulta para os alunos poderem estudar.

O docente concedeu alguns minutos mais para que copiassem. Sempre achamos que ele dava tempo demais. Dois minutos acabavam se convertendo, em geral, em oito ou dez. Pediu silêncio e fez a chamada pelo nome. Havia 25 alunos na sala de aula. Observamos que, em geral, mais de 30% do número de alunos inscritos não compareciam às aulas.

Prof. C: *Só para lembrarmos, se temos uma carga elétrica temos em torno dela um campo elétrico. Se a carga é positiva as linhas e campo são divergentes, apontam para fora; se a carga é negativa as linhas são para dentro. Podemos representar as linhas de força (fez um desenho) entre duas cargas (...). Podemos calcular o valor do campo num ponto qualquer do campo usando a expressão  $E=kq/d^2$  bastando saber a distância do ponto à carga. Se a carga for positiva, a força e o campo têm o mesmo sentido. Se a carga for negativa, a força tem sentido oposto ao campo.*

Aluno 3: *Não entendi professor!*

Prof. C repetiu a explicação simulando os sentidos com as mãos.

Prof. C: *Se o campo de uma carga positiva aponta no sentido da janela, para que lado aponta a força elétrica?*

Aluno 3: *Para a janela também.*

Era possível perceber que, de certo modo, aquele “não entendi” era mais que uma não compreensão literal, mas quase um pedido por uma explicação mais interativa, mais abrangente, mais participativa. As explicações do Prof. C eram segmentadas e não duravam mais do que alguns minutos, depois ele interrompia e voltava a escrever no quadro.

*“Trabalho de uma carga sob um campo de duas placas paralelas carregadas (...)  
Exemplo: Um campo se deve à diferença de potencial entre duas placas  $V_A$  e  $V_B$ , que vale 2000 V, sendo que os pontos A e B estão a 12 cm entre si e a 3 cm e 5 cm, respectivamente, das placas. Calcule o campo entre as placas.”*

Prof. C: *Para isso tomamos a diferença de potencial entre as placas  $V_A - V_B = 2000$  V e usamos a fórmula  $V_A - V_B = E \cdot d$ ; Daí  $2000 \text{ V}/d = E$ . Como  $d = (3 + 12 + 5) \text{ cm} = 20 \text{ cm}$  ... podemos usar cm? Não. Temos que transformar para metros e então,  $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$ , e ficamos com  $E = 2000 \text{ V}/(0,2 \text{ m}) = 10.000 \text{ V/m}$ . Não esqueçam de colocar as unidades...*

Note-se que as expressões “trabalho de uma carga...” e “um campo se deve à diferença de potencial...” não estão fisicamente corretas: o trabalho é feito por um agente externo para deslocar a carga de um ponto a outro em um campo elétrico e este não é devido à diferença de potencial, é esta que se deve ao campo; o fenômeno básico é a existência do campo, o potencial em um certo ponto é o trabalho por unidade de carga para trazê-la desde o infinito até esse ponto.

Prof. C escreveu dois outros exercícios, resolveu, explicou e concedeu um tempo para copiarem. Sempre que isso acontecia o nível de conversas aumentava muito. Ele retomou.

Prof. C: *Vamos começar a ver corrente elétrica. O que vocês entendem por corrente elétrica?*

Aluno 5: *Que os elétrons correm todos na mesma direção.*

Aluno 6: *É o fluxo contínuo de elétrons.*

Prof. C: *Aqui na sala de aula há algum exemplo de corrente elétrica?*

Aluno 7: *Sim, porque a lâmpada está acesa.*

Prof. C: *Por que a lâmpada está acesa? (...). Vamos reduzir o problema a uma lâmpada de lanterna. De que precisamos para acender a lâmpada?*

Alunos: *Lâmpada; uma pilha; fios...*

O docente escreveu no quadro:

*“Bateria é a fonte de energia;  
fios condutores, conduzem a energia;*

*lâmpada, transforma energia elétrica em energia luminosa e térmica; interrupto, serve para interromper a condução a energia elétrica”*

Prof. C: *Se eu deixar o interruptor aberto há circulação de energia? (...), O colega falou em fluxo de elétrons que circulam dentro dos fios. Que elétrons são estes?*

Aluno 8: *São diferentes...*

Prof. C: *Por quê?*

Não houve respostas.

Prof. C: *Chamamos de corrente elétrica ao movimento ordenado de portadores de carga elétrica devido ao campo elétrico estabelecido... temos um fio, que é de metal. Neste fio temos átomos. Os átomos têm prótons, elétrons e nêutrons. Quais destes se movimentam?*

Alunos: *O elétrons!*

Prof. C: *(...) Os elétrons livres é que são os portadores de carga. (...). Por hoje é só.*

Observe-se a imprecisão da linguagem do docente: embora não constituam a corrente, prótons e nêutrons também se movimentam nos átomos; prótons também são portadores de carga, ainda que os elétrons livres constituam a corrente.

Fizemos uma longa transcrição das conversas que marcaram a introdução do conceito de corrente elétrica porque foi um momento de bom nível de participação e motivação dos alunos. Era possível ver isso no tom de voz, no brilho dos olhos, na alegria com que falavam. Mesmo sob um ruído de fundo que se manteve até o final, a abordagem pareceu proveitosa.

Freire e Shor (2006) ensinam que a *motivação intrínseca* está na relação dos alunos com a matéria e nas relações sociais em classe. Esse era um aspecto positivo do Prof. C, ele sempre estava disposta a ouvir. Mas não era suficiente ouvir, era preciso criar um terreno linguístico que incitasse e ao mesmo tempo conduzisse a discussão sobre o objeto de estudo. A dificuldade residia nesse ponto. As raras discussões, em geral, perdiam o foco porque, como já foi dito, ele desperdiçava momentos promissores priorizando atendimentos individuais. Essa estratégia não permitia que todos os alunos fossem atendidos, que todas as dúvidas fossem sanadas, que todas as curiosidades fossem exploradas. Por mais boa vontade que o docente tivesse ele não podia estar em vários lugares ao mesmo tempo. O que se observava é que o Prof. C raramente promovia discussões de grande grupo.

A aula 6, em 04/09/08, foi uma antecipação do período de Física, porque faltou, nesse dia, o professor do 3º período. Prof. C, que atendia outra turma, enviou um resumo e alguns exercícios que foram passados no quadro por uma colega de turma. O objetivo era que fizessem os exercícios, mas os alunos foram saindo aos poucos, sem resolvê-los.

Aulas 7 e 8, em 09/09/08. O professor informou que não haveria a prova, *porque temos assuntos para concluir*. Houve um princípio de discussão. Duas alunas insistiram, queriam prova. A maioria não. Não houve, e elas pediram para sair. Prof. C concordou, e os colegas vibraram. Era compreensível. Uma delas era uma espécie de líder natural da turma e sua permanência em aula representaria uma constante ameaça de o docente acabar cedendo e se decidindo pela prova.

Depois de escrever os costumeiros avisos, Prof. C reescreveu o resumo passado, pela aluna e colega, na aula anterior.

“Corrente elétrica: é o movimento de cargas elétricas sob a ação de um campo elétrico, (...).  
*Obs. 1: A corrente convencional não é equivalente à corrente real.*”





*Obs. 2: Em nossas aulas iremos nos referir à corrente convencional...*”

Pensamos que ao introduzir o conceito de corrente elétrica, especialmente a corrente convencional, o docente perdeu uma excelente oportunidade gerar uma discussão mais crítica e falar da natureza construtiva, inventiva da ciência.

Taber *et. al.* (2006) afirmam que o tópico de Eletricidade oferece um considerável desafio ao professor porque *os conceitos usados para fazer sentido em circuitos elétricos são abstratos e os estudantes são exigidos a dar significado a modelos conceituais de relações entre quantidades não-observáveis (corrente, tensão, resistência) em termos de outros não-observáveis tais como energia e elétrons.* Segundo esses autores, os professores que introduzem a Eletricidade a estudantes secundários necessitam seduzir os aprendizes para uma compreensão em nível teórico tanto quanto em nível fenomenológico.

Através de um microestudo etnográfico em um laboratório de neuroendocrinologia, Latour e Woolgar (1997) afirmam que a vida cotidiana do pesquisador no laboratório sofre abundante interferência de fatores sociais; muitas vezes, as discussões informais são matéria-prima para as ideias e processos de pensamento individuais (op. cit., p. 185). Nós obtivemos alguns resultados semelhantes em uma observação etnográfica em um moderno laboratório de Física, o Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo (Massoni, 2009). Se, contudo, as operações de discussão de resultados e negociação de significados são importantes para o cientista experimental, no laboratório, elas não são menos importantes para o cientista teórico. No seu gabinete, o teórico constrói, modifica, amplia, faz, enfim, inúmeras operações racionais em busca de consistência teórica e matemática das conjecturas científicas, que, invariavelmente, passam pela crítica dos pares. Não é em vão que a ciência se caracteriza por ser uma construção (uma malha linguística) rigorosa e pública.

Alertar para essa complexa rede de negociações de enunciados, de hipóteses alternativas, de escolhas e decisões que interligam teoria e experimentação, cujo resultado é, muitas vezes, a construção de novas teorias, aceitas provisoriamente é de extrema importância para poder passar aos alunos uma ideia mais realista das ciências e ao mesmo tempo criar oportunidades para a reflexão. Nesse sentido, conduzir adequadamente um debate epistemológico significa criar o conflito, quebrar mitos, tentar mostrar o lado “humano” da ciência, procurar incitar a discussão porque ela abre caminho para a reflexão crítica, tanto sobre o processo quanto com respeito à importância que a ciência assume no progresso e na vida das pessoas.

O Prof. C não explorou esses aspectos epistemológicos. Todavia, compensou fazendo uma pequena demonstração que os alunos apreciaram muito.

Prof. C: *Esta é a última parte da matéria antes da prova e para ilustrar eu trouxe uma surpresa: um pequeno circuito elétrico: duas pilhas, lâmpadas, fios, interruptor e contatos metálicos. Vamos montar...*

O Prof. C montou o circuito: conectou os fios, colocou as pilhas, a lâmpada e o interruptor.

Prof. C: *Por que a lâmpada não acende? O que vocês acham?*

Aluno 1: *O interruptor está desligado.*

Aluno 2: *A lâmpada está queimada.*

Aluno 3: *Tem que inverter os fios nas pilhas.*

Aluno 4: *As pilhas estão fracas.*

Aluna 5: *Por vontade divina, a gente tem que levar em conta também questões religiosas...*

Prof. C relacionou no quadro as hipóteses levantadas pelos alunos. Possivelmente para eles próprios avaliarem a consistência das mesmas ou talvez em uma tentativa implícita de abordar a natureza construtiva da ciência. Quem sabe?

Prof. C: *(...) a coisa mais simples é ligar o interruptor. (...) a luminosidade está fraca. Lembrem que discutimos que é necessário um circuito e uma fonte. Tem algo aqui dentro. São cargas que agora estão em movimento ordenado... é a corrente elétrica. No nosso corpo também há cargas, no cérebro ocorrem descargas elétricas (...)*

Aluno 6 *As cargas ficam paradas em algum lugar no fio? Elas param quando o interruptor é desligado?*

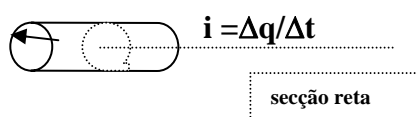
Prof. C: *No momento em que o interruptor é desligado vai desordenar tudo.*

Foi uma resposta pouco esclarecedora. Faltou, ao que pareceu, explorar melhor os aspectos conceituais do modelo de condução nos metais: os arranjos de caroços iônicos – ou redes cristalinas - imersos num “gás” de elétrons de valência; a livre movimentação dos elétrons através da rede no volume do metal e o movimento preferencial desses elétrons livres quando um campo elétrico é gerado no interior do condutor. Prof. C não fez referência a esse modelo.

Contudo, foi possível ver nas expressões dos alunos que a demonstração do circuito simples gerou motivação, incitou perguntas, curiosidades, dúvidas. Os alunos mostraram-se mais interessados, levantaram questões, tentaram explicar fazendo crer que havia esperanças de se chegar a uma aprendizagem significativa. Vale destacar que o Prof. C gostava do ensino experimental, tinha sido encarregada do laboratório de Física da escola por alguns anos, e fazia as demonstrações com segurança maior do que as aulas expositivas que ele dava.

Como já informado, aquela escola não adotava livro ou apostila, o que forçava o docente a escrever no quadro definições e resumos para que os alunos tivessem material para consulta.

*“Intensidade de corrente é a razão entre a quantidade de carga que atravessa a secção reta do condutor em um dado intervalo de tempo.*



*No Sistema Internacional a unidade de corrente é o Coulomb por segundo. Chamamos esta unidade de “Ampère”, [1 C/1 s] = [1 A]. (...)*

Aluno 7: *Ah! Professor escreve direitinho, o que significa o C e s?*

Prof. C: *“C” é a carga elétrica em Coulomb e “s” é o tempo, em segundos. Podemos imaginar que se cortarmos o fio, pela secção reta está passando elétrons (...).*

Este fragmento de diálogo faz supor que alguns alunos sequer reconheciam as unidades de algumas grandezas físicas fundamentais estudadas até então. Além disso, outra vez percebe-se um problema de linguagem: ao invés de referir-se a uma seção reta imaginária, falou em “cortar o fio”; ora, cortando o fio interrompe-se a corrente e não passa nenhum elétron pela seção reta do corte.

Na sequência, o docente passou alguns exercícios e deu um tempo para resolverem. Restabeleceram-se as conversas: carros, esportes, trabalhos e tarefas de outras disciplinas, combinações, programas de TV, etc.. Os assuntos eram variados, mas o que menos se ouvia era o

conteúdo de aula. Era assim toda vez que Prof. C concedia um tempo, geralmente longo demais, para que tentassem resolver exercícios. O professor circulava pela sala. Incentivava a resolução. Às vezes, seduzido, acabava participando de algumas conversas. Por fim, pediu que um aluno resolvesse no quadro. Houve as costumeiras discordâncias. Muitos pareciam ter dificuldades básicas com a Matemática: não sabiam, por exemplo, usar regra de três, fazer operações e usar ou reconhecer as propriedades da potenciação.

Fim de aula.

Nesse dia dialogamos com duas estagiárias de Psicologia que faziam uma investigação na escola visando identificar as causas da elevada evasão. Elas trabalhavam com algumas hipóteses: a evasão estava, aparentemente, associada à falta de perspectivas dos alunos, a maioria oriunda da periferia; jovens que carregavam a marca da exclusão social, que tinham problemas econômicos, familiares, sociais, e não tinham como objetivo o vestibular, mas tão somente concluir o Ensino Médio para ingressar no mercado de trabalho. Isso parecia estar em sintonia com outras vozes que se ouvia na escola, em especial de professores, que conjecturavam que ainda que a escola estivesse localizada numa região central de Porto Alegre, *a maioria dos alunos vinha das periferias porque a classe média da redondeza coloca seus filhos em escolas particulares; sobra para a escola pública o povo pobre da periferia*. Sempre achamos que cabia uma pergunta: alunos pobres não podem aprender?

A aula 9, em 11/09/08, foi uma aula de exercícios. Começou tumultuada em um dia chuvoso de inverno.

Prof. C: *Por favor façam silêncio e sentem em seus lugares.*

Aluna 1: *Um dia vou embora desta sala e vocês vão sentir saudades...*

Prof. C: *Vejo apenas um aluno copiando.*

Aluna 2: *Professor, não seja injusta, eu levantei cedo só para assistir tua aula. Por mais que eu não entenda Física eu te considero!*

Aluno 3: *É professor, este é o último período e a sala está cheia só por tua causa!*

Aluno 4: *É que você pede para a gente fazer silêncio com sorriso no rosto, as outras gritam...*

Várias vezes refletimos sobre essas questões. Talvez o jeito de ser do docente, de circular pela sala, atender individualmente, de dar atenção se traduzisse numa forma de carinho que preenchia certa carência dos alunos. A fala do aluno 4 é autoexplicativa nesse sentido. Outras vezes, pareciam mais uma estratégia experta dos alunos para ganhar tempo (ou, deixar o tempo fluir livremente). De qualquer forma, podia-se perceber nas falas e expressões dos alunos um sentimento afetuoso para com o docente e isso parecia sincero.

Foram passados dois exercícios. A aula teve a duração efetiva de 25 minutos, por dois motivos: primeiro porque começou com atraso, segundo porque deveria se estender até às 12h20min, mas encerrou às 12h00, por pura pressão dos alunos que pouco a pouco foram levantando, passando na mesa do professor para garantir presença e foram saindo, sob o pretexto de que tinham que ir para o trabalho. Cumpre esclarecer que vários estudantes daquela turma realizavam estágios remunerados em empresas.

Prof. C pediu que fizessem os exercícios em casa e avisou que a aula seguinte estava suspensa por motivo de paralisação dos professores que estavam em luta salarial. Pelo mesmo motivo, adiou a prova para a aula subsequente.

Aulas 10 e 11, em 16/09/08, foram suspensas por motivo da paralisação dos professores. Com tempo reduzido, o programa de aulas do Prof. C ficava seriamente comprometido.

A aula 12, em 18/09/08, foi nova antecipação de período por falta de professor. Prof. C passou uma folha contendo seis exercícios que deveriam resolver parcialmente naquela aula e depois entregar. Na aula seguinte a lista seria devolvida para sua conclusão e entrega definitiva. A tarefa substituiria a prova (inicialmente marcada para o dia 09 de setembro) e seria realizada em duplas.

Começaram. Mas havia dificuldades que pareciam intransponíveis. De nada adiantava consultar o caderno. Os alunos não liam, caminhavam sobre as palavras e quando encontravam fórmulas não sabiam onde utilizá-las porque não faziam conexão entre o texto que liam e o enunciado dos exercícios. Mas numa turma de mais de vinte alunos sempre há alguns que andam por si. Eram estes que trabalhavam. Na prática o que ocorreu foi um trabalho (um aglomerado) de grande grupo. Quem sabia ensinava ou passava a solução aos demais e foi difícil avaliar quem realmente contribuiu e quem simplesmente copiou. O docente, que atendia simultaneamente duas turmas por falta de professor, fez o que pode para estar em aula, procurou auxiliar dando dicas, mas não forneceu as respostas.

Ficou-nos a impressão de que a tarefa serviu tão somente para cumprir as formalidades de avaliação escrita.

As aulas 13 e 14, em 23/09/08, tiveram um início menos agitado. Prof. C avisou que continuariam a tarefa que substituiria a prova. Distribuiu a mesma folha de questões.

O nível de conversas foi aumentando à medida que os alunos foram se reunindo para a resolução dos exercícios. O Prof. C insistia para que trabalhassem. Quatro alunos chegaram atrasados, fazendo algazarra. As conversas não diminuam. O docente não teve domínio da turma e o ambiente se tornou inadequado para que houvesse um mínimo de concentração.

Já comentamos que a estratégia do Prof. C de atender os alunos nas suas classes, de não esclarecer as dúvidas mais comuns ao grande grupo parecia não funcionar convenientemente. Prof. C não dava conta dos chamados.

Aluna 1: *Professor tu não me ouves...*

Prof. C: *Vocês não conseguem pensar com este barulho. Vocês discutem tudo o que é assunto, tudo ao mesmo tempo. Nessas condições o cérebro não funciona (...).*

Novamente, a tarefa que começou em duplas acabou em grande grupo. Quem sabia dava pequenas explicações e tentava auxiliar aos colegas. Era possível ver o esforço de alguns, procurando trabalhar, sistematizar, avaliar as respostas, assim como, o descaso e o desinteresse de outros. O que parecia estar por trás daquele cenário caótico era a falta de rigor. O rigor da comunicação capaz de explicar, dialogar, discutir, ouvir, cobrar e assim provocar os alunos a participarem, a assumirem sua parcela de responsabilidade no aprendizado. O rigor da competência técnica de que o professor não pode abrir mão no seu trabalho docente. Freire (2009) adverte que rigor não se confunde com autoritarismo, mas garante a força moral para coordenar as atividades em sala de aula num clima de respeito.

Um grupo ao nosso lado discutia.

Aluno 2: *Se temos um milhão de elétrons e a carga de cada elétron é  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C, então tem que multiplicar por um milhão para saber a carga total.*

Aluno 3: *Você tem certeza?*

Aluno 4: *O que é um milhão? É 10 na (potência) 6 ou 9 ?*

Aluno 2: *O professor quer o cálculo... tem que usar a fórmula  $\Delta q = n \cdot e$  (...).*

Aluno 5: *Professor o que é “n”?*

Prof. C: *É o nº de elétrons. Vocês têm isso no caderno bem explicado.*

Aluno 5: *É que para mim Física é “grego”, não entendo (...).*

A cena se repetia. Folheavam o caderno buscando inspiração nas fórmulas e nos exemplos resolvidos em aula. Mas era tarde demais. Era dia de prova (ou, tarefa que substituiria a prova). Afora alguns poucos, a falta de familiaridade com o conteúdo dava sinais de que sequer tinham folheado o caderno antes da prova. Como já dissemos, mesmo quando encontravam as fórmulas não conseguiam interpretar os enunciados, não sabiam o significado das variáveis e não conseguiam resolver. A situação era desconcertante.

Um dos exercícios pedia para calcular a carga total que atravessava a seção reta de um fio condutor durante uma hora (C/h), dada a corrente no SI. As perguntas que se ouviam eram quase elementares.

Aluno 6: *O que é o “h”?*

Aluno 7: *Tem que transformar (...), então tem que multiplicar por 60 (segundos)?*

Prof. C: *Não sei, qual é a unidade que vocês querem? Minuto ou segundo?*

Atrapalhados e inseguros, os alunos pareciam ter uma dependência umbilical em relação ao docente, que era solicitado a cada instante, e ao mesmo tempo. O resultado final foi o que se observava comumente: aqueles que tinham melhores habilidades matemáticas e algum domínio dos conceitos acabaram resolvendo e os demais copiando.

Ao final daquela aula procuramos dialogar com alguns alunos que nos acompanhavam.

Pesquisadora: *Na realidade, vocês estudaram para esta prova?*

Aluno 8: *Eu não estudei. Qual prova? Esta? Não estudei...*

Aluno 9: *Eu estou fazendo um curso de eletrônica. Mas lá tudo é diferente...*

Aluno 10: *Eu tenho que trabalhar, se eu ficar estudando vou ser demitido (...).*

Aluno 11: *Eu não entendo isso. Nada disso. É muito difícil. O professor não explica direito.*

Sáímos, nesse dia, refletindo sobre tudo o que tínhamos visto e ouvido. Parecia haver sinais de que aquela escola pública assumia, em alguns momentos, um caráter desconcertante.

A aula 15, em 25/09/08, foi dedicada à correção da lista de exercícios que tinha sido entregue pelos alunos e que se constituía na prova de recuperação do segundo trimestre. Prof. C, ao que parecia, estava preocupado com o mau desempenho dos alunos na aula anterior e propôs-se a fazer uma aula intensiva de resolução dos exercícios e de esclarecimento de dúvidas. Transcorreu com normalidade e com a apatia que era usual para grande parte daquele grupo, como se dissessem *agora já era!*

Na décima sexta e décima sétima aulas, em 30/09/08, houve conselho de classe e os alunos foram dispensados por decisão da escola.

Aula 18, em 02/10/08, nova antecipação de período, por falta de professor. Na verdade não houve aula. Prof. C fez a entrega das provas e trabalhos já corrigidos e avaliados. Houve discussões acerca das correções da última prova. O docente prontificou-se a rever os casos de enganos na atribuição das notas. Mesmo assim houve um acontecimento inesperado. Um aluno inconformado com a correção da sua prova, dizia-se injustiçado e teve uma reação hostil: aos gritos atirou o papel sobre a mesa do professor que, por sua vez, alterou o tom de voz e foi resolutivo ao afirmar que não aceitava aquele tipo de comportamento. O aluno saiu descontrolado e retornou momentos antes do final da aula, quando a maioria já tinha saído e o professor se preparava para fechar a sala,

agressivo, fez ameaças. O docente tomado de susto tentou dialogar, mas o aluno se mostrava inconciliável, repetia as ameaças e levou o docente a um colapso nervoso. Criou-se uma situação complicada que mostrou a difícil posição do professor que, premido por baixos salários e condições logísticas precárias, precisa encontrar permanentemente coerência e equilíbrio para lidar com alunos algumas vezes revoltados, indisciplinados e outras, sem perspectivas e desanimados. Os alunos daquela turma, em geral, vivendo em ambientes hostis, à margem da sociedade, em dados momentos se mostravam agressivos. Os meandros das relações sociais daquela cultura escolar, às vezes, pareciam revelar faces imprevisíveis.

Não é nossa intenção tomar partido em qualquer dos lados daquele episódio, mas tentar mostrar que existem movimentos, interesses e preocupações que permeiam a sala de aula e que fogem ao contexto da própria sala de aula. Trazem à tona fatores sociais, familiares, psicológicos, econômicos, escolares e outros mais que se queira acrescentar e que afetam relações, comportamentos, atitudes, formas de raciocínio, de pensamento e a aprendizagem em si. A sala de aula parece reproduzir em escala a sociedade do seu tempo e espaço.

As duas aulas seguintes, 19 e 20, em 07/10/08 tiveram os desdobramentos do episódio da aula anterior. Prof. C mostrava-se abalado e fez um relato do ocorrido para a turma. Afirmou que se sentia só, sem apoio das autoridades escolares, que entendiam que um pedido de desculpas por parte do aluno deveria encerrar o caso. O professor queria mais, não punições propriamente, mas mudanças de atitudes, do aluno e da escola. Essa era uma característica marcante naquele docente, ele estava sempre imbuído do espírito de mudança.

A turma ouviu em silêncio, pela primeira vez desde que estávamos ali. Os alunos informaram que o colega tinha problemas e que seu comportamento era recorrente.

Aluno 1: *Ele tem problemas em casa...*

Aluno 2: *Ele até chorou para a professora de Química para aumentar sua nota...*

Aluno 3: *Ele não está bem.*

Aluno 4: *Seu problema são as companhias lá na vila...*

Aluno 5: *Nós não apoiamos essas atitudes e estamos com você professor!*

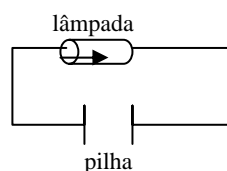
Aluna 6: *Eu quero mais é que ele saia desta turma!*

Aluno 7: *Também não é assim. Desse jeito ele vai ficar cada vez mais revoltado...*

Procuraram apoiar o docente. Não havia dúvidas de que eles reprovavam a atitude do colega, mas se percebia entre os alunos um sentimento de solidariedade para com ele. As falas dos alunos 3, 4 e 7 mostram bem isso. Não era simplesmente uma cumplicidade inconsequente, era sim a manifestação da linguagem dos semelhantes, daqueles que compreendem os problemas do seu próprio meio. Havia com relação ao episódio dois discursos distintos: o do docente e o dos alunos. Eles reprovavam aquela atitude, porém numa dimensão defensiva porque tinham preocupação com o colega da realidade comum e que se mostrava emocionalmente não equilibrado. Eles pareciam entender bem a dimensão das ameaças pelas quais ele passava.

Cumpramos comentar que o caso se encerrou com um pedido formal de desculpas e com a transferência do aluno e de sua namorada para o turno da noite.

Prof. C passou para a resolução de exercícios, em continuidade da aula anterior. Observamos que a turma ficava bem mais silenciosa quando o professor resolvia de forma objetiva, desenhando e desenvolvendo os cálculos, sem dar o habitual tempo para que os alunos tentassem resolver sozinhos. Na sequência, o docente desenhou um circuito elétrico.



Prof. C: *Atenção, vamos começar um assunto novo: resistência elétrica. (...). Lembrem que para acender a lâmpada é preciso termos uma pilha, fios, lâmpada. (...). Isso tudo é um modelo, não é que as coisas aconteçam assim, mas é apenas para vocês entenderem. Vamos imaginar que colocamos uma lente de aumento no fio. O que está acontecendo? A pilha serve para quê?* (grifamos).

Aluno 8: *Para mover os elétrons.*

Prof. C: *Isso mesmo, a pilha faz fluir de forma ordenada os elétrons. Quando eles passam pela lâmpada o que acontece? Eles param?*

Aluno 8: *Não, continuam andando...*

Prof. C: *Isso. Continuam fluindo entre  $V_A$  e  $V_B$ . (...). E o que é a tal resistência? (...).*

Nesse dia o Prof. C utilizou de forma explícita a noção de modelo científico e seu papel na simplificação da realidade, como se vê na sua fala. Mas o grupo não parecia motivado para esses questionamentos e reflexões e a iniciativa do docente foi ineficaz.

Prof. C desenhou fios de diferentes comprimentos e diferentes espessuras (fios A e B finos e de diferentes comprimentos, sendo o B mais longo; C e D, mesmo comprimento e diferentes espessuras, sendo o C mais grosso).

Prof. C: *Em qual destes fios vocês acham que há mais resistência?*

Aluno 1: *No B ... (o mais longo).*

Aluno 2: *No C ... (o de maior espessura).*

O Prof. C claramente desejava que intuissem que a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento e inversamente proporcional à espessura do fio. Não conseguiu.

Aluno 3: *Como assim professor? Não entendi esse negócio de diretamente proporcional...*

Prof. C: *Então vamos escrever. A resistência aumenta com o comprimento do fio (...) o fio mais comprido oferece mais dificuldade para os elétrons, mais colisões (...), o fio C tem maior seção transversal, e o D menor. Onde a resistência é maior?*

Aluno 4: *É no C ... no D é maior...*

As explicações se repetiram. O jeito de explicar também. A compreensão parecia cada vez mais comprometida. Prof. C parecia não encontrar as palavras certas para se fazer entender. Pedimos para intervir. O docente concordou. Fizemos um pequeno seminário. Retomamos a questão a partir da estrutura cristalina, do arranjo atômico, falamos das imperfeições da rede procurando associar a *resistência elétrica* às colisões dos elétrons com essas imperfeições e impurezas; falamos do modelo de livre movimentação dos elétrons de valência nos metais (modelo do “gás de elétrons”) e da importância das idealizações para a compreensão na Física. Foram 20 minutos de intervenção para uma platéia absolutamente silenciosa e atenta. Foi o elemento surpresa? Talvez. Porque desde que estávamos ali tinha sido nossa primeira intervenção. De qualquer forma, um breve intervalo de pura atenção. Esse comportamento fazia supor que algumas mudanças de tática poderiam, quem sabe, reverter o quadro. Fim de aula.

A aula 21, em 09/10/08, foi mais um dia de período antecipado. Prof. C não pôde estar presente e enviou exercícios, como de costume. O mesmo tipo de exercícios que eles alegavam não conseguir resolver. E como de costume, a turma se dispersou.

As aulas 22 e 23, em 14/10/08, aconteceram num dia chuvoso de primavera e a turma estava muito agitada. Prof. C começou escrevendo os avisos do dia, em silêncio, tentando atrair a atenção dos alunos. Não funcionou. Partiu então para outra tática.

Prof. C: *Hoje vamos corrigir os exercícios, aqueles que mandei a vocês na última aula. Os que tiverem concluído podem entregar, valendo um ponto.*

Aluno 1: *Eu não sabia que era para entregar...*

Prof. C: *Então vocês têm até o final da aula para concluir e entregar (...).*

Era uma estratégia para mobilizar os alunos e fazê-los trabalhar. Os alunos, que não tinham resolvido os exercícios, perceberam uma oportunidade de garantir um ponto e começaram a clamar por socorro. Em meio à confusão, havia os que procuravam trabalhar, em geral sempre os mesmos. Era uma luta solitária para ativar o raciocínio, mas eles não reclamavam. Aparentemente estavam acostumados àquele ambiente. Os chamados pelo docente pipocavam.

Aluno 2: *Professor, por favor, vem até aqui, não foge da gente...*

Aluno 3: *Professor, eu chamei primeiro...*

O docente procurava atender, e isso era reconhecido pelos alunos, mas via de regra, ele perdia o controle da situação, suas aulas tornavam-se pouco eficazes, e com isso o avanço no conteúdo era lento. Muitos assuntos como: geradores, Leis de Kirchhoff e principalmente o Eletromagnetismo iam ficando de lado. As coisas iam tomando um rumo complicado, os alunos apresentavam dificuldades. A resolução de exercícios carecia, ao que parecia, de discussão, de perguntas claras e explicações objetivas, de troca de ideias, de debate.

Segundo Freire e Shor (2006, p.16) *estudantes desmotivados dentro da escola podem ter muita motivação fora dela. (...) encontram amplo espaço fora da escola e do lar para construir sua cultura subjetiva do sexo, da amizade, dos esportes, das drogas, da música e assim por diante.* Era tipicamente o que se observava, ou seja, todo tipo de assunto animava-os menos a matéria de aula. Prof. C tinha disposição, boa vontade e conseguia fazer uso do idioma dos estudantes, ele os entendia, mas faltava-lhe descobrir o perfil de motivação daquela turma. Quem sabe se a Eletricidade fosse explicada a partir dos instrumentos eletrônicos que eles mais apreciavam (celulares, aparelhos de som, etc.). Quem sabe discutir a imensa contribuição da Física no desenvolvimento daquela tecnologia e como seria a vida sem os tão apreciados instrumentos. Quem sabe debater aspectos epistemológicos envolvidos na construção das teorias e suas controvérsias históricas, refletir coletivamente, avançar no conteúdo, recuar toda vez que fosse necessário. Isso, no entanto, não era o que se observava.

Prof. C: *(...) resistência tem a ver com a passagem da corrente elétrica através da rede cristalina. A rede não é tão perfeita, como vimos (...) O que a gente está fazendo aqui é um modelo, é um jeito de a gente desenhar. (...) a gente pode definir uma fórmula matemática para a resistência:  $R=V/i$ . Podemos escrever  $V=Ri$ , que é a expressão conhecida como Lei de Ohm (...).*

Aluno 3: *O que é o V?*

Aluno 4: *É a diferença de potencial.*

Aluno 5: *O que significa R? É a resistência?*

Prof. C: *Isso mesmo (...). Estes conceitos são difíceis, as conversas atrapalham e dessa forma as notas vão baixar.*



Pensamos que nesse momento faltou certa contextualização. O Aluno 4 estava correto ao afirmar que “V” representava a diferença de potencial entre as extremidades do condutor. Mas o docente não esclareceu que o que deveria ser  $\Delta V$ , por simplificação e seguindo a notação mais frequente utilizada pela comunidade científica, é representado apenas por V. Além disso, afirmou que a expressão  $V=RI$  é conhecida como Lei de Ohm, o que não é correto, pois para isso é preciso manter a temperatura constante.

Prof. C: (...) *se tenho um fio condutor, sua estrutura deve ser tal que eu possa ter o maior número de elétrons livres. (...). A resistência depende do material de que é feito o resistor, do comprimento do condutor (...). Quanto maior a área da secção reta de condutores de mesmo comprimento menor é a resistência (...)* podemos escrever que  $R \propto l$  e  $R \propto 1/A$ .

Aluno 7: *A gente ainda não entendeu o que é direta e inversamente proporcional.*

Prof. C: *O símbolo  $\propto$  significa proporcionalidade, significa que se o comprimento diminui então diminui também a resistência. Isto é diretamente proporcional. Ao contrário,  $1/A$  significa que se a área da secção reta aumenta a resistência diminui. Se tomarmos o 2 e fizermos  $2 \times 20 = 40$  vemos que aumenta, mas  $1/2 \times 20 = 10$ , diminui. Esta é a diferença entre ser direta ou inversamente proporcional (...).*

Aluno 8: *Entendi!*

Prof. C: (...) *Ohm verificou experimentalmente que a resistência depende do material (...)*  $R = \rho_o l/A$   
(...) *A unidade no SI é dada por  $V/A = \Omega$  (Ohm).*

Aluno 9: *O que é essa ferradura?*

Prof. C:  $\Omega$  *é uma letra grega que representa unidade de resistência ...*

Na sequência, Prof. C escreveu um exercício e concedeu o habitual tempo.

*Exercícios: 1) Quando a corrente elétrica atravessa o corpo humano ela provoca contrações musculares, é o choque elétrico. (...). O valor que pode ocasionar a morte é 10mA. Se uma pessoa leva um choque de uma rede com 200V, qual a resistência mínima para que ela não corra risco de vida?*

Foi em vão. Não tinham ideia de como resolver. Prof. C resolveu, então, no quadro. Tentou chamar a atenção para a importância desses aspectos no cotidiano: os perigos que a eletricidade representa. Mas os alunos estavam mais preocupados com o final de aula.

A aula 24, em 16/10/08, foi suspensa por motivo de paralisação dos professores.

A aula 25, em 21/10/08, começou mais silenciosa, com apenas 18 alunos. Foi uma revisão de conteúdo para a primeira prova daquele trimestre (a prova anterior havia sido de recuperação do 2º trimestre) incluiu: campo elétrico, linhas de campo, blindagem eletrostática e corrente.

Prof. C: (...) *O modelo que melhor explica a blindagem eletrostática é uma esfera carregada (...)* *se tomamos os pontos A no interior, B próximo da superfície externa e C afastado, onde o campo é maior?*

Aluno 1: *em C.*

Prof. C: *Onde o campo é maior?*

Aluno 2: *Em B.*

Eram conteúdos já vistos, mas os alunos pareciam nunca ter ouvido falar em nada daquilo. Foi assim durante toda a aula. O Prof. C, como se vê, voltou a falar em modelos.

As aulas 26 e 27, em 21/10/08, foram dedicadas integralmente para a resolução da prova. Prova escrita com 12 questões: oito questões teóricas e 4 exercícios. Prof. C forneceu todas as fórmulas. A turma manteve-se em silêncio. Não houve incidentes.

Na aula 28, em 28/10/08, apenas 14 alunos permaneceram em sala de aula para a correção da prova *como forma de revisão*, segundo Prof. C. As questões eram lidas em voz alta, discutidas e respondidas. A aula fluíu nesse ritmo e foi uma das mais equilibradas a que tínhamos assistido até então. Tudo fazia crer que tinham permanecido os mais interessados.

As aulas 29 e 30, em 30/10/08, tiveram início pontualmente às 7h30min, primeiros períodos, devido a mudanças dos horários do turno da manhã. A sala de aula suja e desorganizada dava mostras de que não havia limpeza entre um turno e outro, um sintoma de como as coisas andavam mal na escola. Observamos que o número de alunos diminuía a cada dia.

Apesar de um aluno ao nosso lado informar que era normal no primeiro período haver um grande número de ausências porque muitos moravam longe e se atrasavam, havia outros aspectos relevantes associados a esse fato: a falta de organização, a flexibilidade excessiva das regras, a fragilidade (ou permissividade) do sistema de avaliação, a falta de rigor técnico na prática escolar. Tudo isso desmotivava.

Depois de arrumar a sala e de escrever os habituais avisos, o professor informou que a aula seria uma continuação da *correção da prova*.

Prof. C: (...) *Na questão 8 pede-se para calcular o n.º. de elétrons que atravessa a secção reta do condutor. Como sabemos que  $1e=1,6.10^{-19}C$  e que a carga total é 64 C, podemos resolver por regra de três e obtemos que*  
 *$1e - 1,6.10^{-19}C$*   
 *$n_e - 64 C$ , assim,  $n_e=64C/1,6.10^{-19}C= 4,0.10^{20}$  elétrons. Alternativa correta é a c).*

A questão 9 mostrava um corpo condutor com uma ponta. No corpo estavam marcados três pontos, A, B e C, respectivamente, no interior, na superfície e sobre a ponta.

Prof. C: (...) *lembrem que na Física a gente tenta simplificar ao máximo o fenômeno físico em estudo. (...). Onde as cargas se concentram para tentar escapar do material? Nas pontas. Por isso o pára-raios, usado para facilitar as descargas elétricas da atmosfera. Vocês vão ao cinema, quando o filme termina onde há maior concentração de pessoas? Na saída da sala. As cargas têm o mesmo comportamento.*

Aluno 3: *Mas no interior do material o campo é nulo, não é?*

Prof.: C: *Sim. (...). O campo elétrico é nulo no interior, é nulo em A.*

Essa questão foi particularmente interessante: primeiro porque o docente destacou, mais uma vez, o importante papel das simplificações de que faz uso a Ciência; segundo porque foi bem explorada pelo professor, que usou um raciocínio analógico para melhor fazer compreender a situação e acabou proporcionando trocas de ideias e algumas reflexões. Os alunos tinham potencial, mas ele era mal aproveitado, ao que parecia.

As demais questões não apresentaram problemas significativos e o Prof. C passou para uma revisão sobre resistores.

“Lembrar:

*Resistência elétrica: vimos que a resistência elétrica depende da diferença de potencial e da corrente elétrica. Podemos relacionar essas grandezas através da expressão  $R=V/i$  (...).*

*Vimos também que a resistência depende do material e se for um condutor metálico na forma de fios teremos a seguinte relação:  $R=\rho.l/A$ , depende do comprimento do fio e da área da secção reta e da resistividade  $\rho$  (...).”.*

Como se vê, Prof. C referiu-se a  $\rho$  como sendo a resistividade, mas não esclareceu que essa constante de proporcionalidade é diferente para diferentes materiais e que a resistividade de um dado material pode não se manter constante, dependendo sobretudo da temperatura. E novamente equivocou-se, ou expressou-se inadequadamente, ao dizer que a resistência elétrica depende da diferença de potencial e da corrente. A resistência elétrica depende apenas de fatores geométricos e do material.  $R=V/i$  é definição de resistência.

As conversas aumentaram enquanto Prof. C escrevia no quadro. Ele insistiu para que copiassem. Passou mais exercícios. Percebia-se que o lento avanço no conteúdo, a sistemática repetição de exercícios seguidos de tempo muito longo para resolverem parecia tornar as aulas enfadonhas. O resultado era quase sempre o mesmo: a maioria alegava que não sabia resolver e não se percebiam esforços procurando mudar aquele cenário.

A aula terminou nesse ritmo.

Aula 31, em 04/11/08, foi suspensa porque a turma estava em passeio fora da escola, com a professora de Biologia.

As aulas 32 e 33, em 06/11/08, ocorreram num dia chuvoso e com apenas 10 alunos em aula. Nesse dia, enquanto Prof. C, como de hábito, arrumava a sala um aluno surpreendeu.

Aluno 1: *Professor fala um pouco de capacitores!*

Prof. C: *Ah, muito bem! O que você quer saber?*

Aluno 1: *Tudo! O que são? Como funcionam?*

Prof. C: *Vou falar neles, mas antes vamos terminar resistores...*

O Aluno 1, ao que parecia, tinha estado lendo algo sobre capacitores e desejava compreender melhor. Mas a resposta do professor foi evasiva. De fato, o assunto nunca foi retomado, nem para esclarecer as dúvidas do aluno, nem como continuação do conteúdo de aula.

Foi mais uma aula de exercícios. Apresentamos, na sequência, um exemplo de exercício.

*“Medidas de intensidade de corrente, e tensão, foram realizadas por alunos em um laboratório. Os alunos mediram a corrente em dois condutores de metal diferentes, mantidos à mesma temperatura, encontrando os resultados da tabela. Nestas condições podiam afirmar que:*

Condutor 1		Condutor 2	
I (A)	V(V)	I(A)	V(V)
0,5	2,18	0,5	3,18
1,0	4,36	1,0	4,36
2,0	8,72	2,0	6,32
4,0	17,44	4,0	1,72

- a) *ambos os condutores obedecem à Lei de Ohm;*
- b) *somente o condutor 1 obedece à Lei de Ohm;*
- c) *nenhum dos condutores obedece à Lei de Ohm;*
- d) *somente o condutor 2 obedece à Lei de Ohm”*

Prof. C: (...). *São chamados ôhmicos todos os resistores que obedecem a Lei de Ohm. Mantidos  $V$  e  $i$ , a resistência não varia (...). Olhando para as tabelas vemos que para ser um resistor ôhmico a divisão  $V/i$  tem que dar uma constante. Temos que fazer as divisões:  $R_1=2,18/0,5=4,36$ ;  $8,72/2=4,36$ ;  $4,36/1,0=4,36$  e  $17,44/4,0=4,36$ . Obtemos um valor constante. Então, o condutor 1 é ôhmico?*

Aluno 2: *É sim!*

Prof. C: *Porque a resistência é constante e igual a  $4,36\Omega$ , podemos dizer que é ôhmico. Agora vamos olhar o condutor 2:  $V=3,18/0,5=6,36$ ;  $4,36/1=4,36$ . É necessário fazer o restante das contas?*

Pareceu-nos importante que o professor esclarecesse que os resistores ôhmicos obedecem “aproximadamente” à Lei de Ohm. Que os valores experimentais (reais) não são, em geral, tão exatos quanto aqueles do exemplo. Mas o docente não enfatizou esses aspectos, como também não enfatizou que para que resistência ( $R$ ) de um resistor seja constante, e a Lei de Ohm seja válida, a temperatura deve ser mantida constante.

Prof. C avançou um pouco mais no conteúdo, para “associação de resistores”.

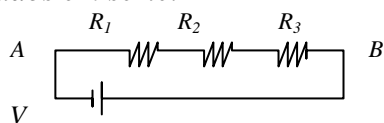
*“Introdução: na prática, é comum precisarmos de um valor específico de resistência que não é encontrado em nenhum resistor comercializado. Assim, para obtermos esse valor associamos alguns resistores (...).*

*Basicamente as ligações de resistores são: em série, em paralelo, ou mista. (...)*

Prof. C: (...). *Se tomamos um circuito bem simples como uma pilha ligada a uma lâmpada, temos um circuito real. (...) substituímos este circuito real, por um modelo. No modelo, a lâmpada é substituída pelo símbolo de um resistor e a pilha por uma ddp ou  $V$ . O que é uma associação em série?*

Não houve respostas. Mas ficava claro que a questão dos modelos científicos tinha presença marcante nas falas do docente. Ele fazia uso frequente dessas ideias.

*“Associação em Série: quando associamos dois ou mais resistores um após o outro, de tal forma que a corrente tenha um único caminho a seguir, nessa situação os resistores estão associados em série.*



*A característica principal desta ligação é que a corrente elétrica é igual em qualquer parte do circuito e a tensão da associação está distribuída nos diferentes resistores.”*

Aluno 5: *Professor a Sr. não acha que a aula de hoje foi pesada demais?*

Era paradoxal. Quando o avanço era lento havia uma visível sensação de desânimo e uma notável desmotivação, mas se o docente avançasse com o conteúdo havia reclamações, queixavam-se de que estava “pesado demais”. Ao sabor dessas oscilações e de uma frequente suspensão de aulas, por motivos variados como foi possível ver, é que as coisas iam mal.

A aula 34, em 11/11/08, começou tumultuada. Prof. C gastou vários minutos organizando classes e cadeiras e arejando a sala enquanto discutia com os alunos questões sobre uma nova chance de fazerem prova de recuperação do 2º trimestre.

Prof. C: *Esta é mais uma oportunidade que a escola está oferecendo para os alunos que não fizeram a prova no prazo...*

Aluno 1: *É só para quem não fez a recuperação?*

Prof. C: *Repito, é apenas para quem não fez a recuperação do 2º trimestre.*

Houve algumas discussões. Era perceptível a falta de habilidade para receberem e acatarem determinações. Quase tudo era motivo de contestação. Ao que parecia, a escola tinha regras flexíveis demais ou os alunos estavam mal habituados.

Prof. C retomou a associação de resistores em série e passou alguns exemplos.

Prof. C: *(...) se tivermos resistores em série e uma ddp, então surge uma corrente que faz com que os resistores funcionem. Temos que  $R_{eq}=R_1+R_2+\dots$ ;  $i=i_1=i_2=\dots$ ;  $V=V_1+V_2+\dots$ ; em nosso exemplo podemos calcular a resistência equivalente:  $R_{eq}=R_1+R_2=2+6=8\Omega$ . **A Física usa os modelos para simplificar as coisas e enxergar melhor.** Neste caso já temos a  $R_{eq}$  e podemos encontrar a corrente “i” usando a Lei de Ohm  $i=2V/8\Omega=0,25A$ . Quanto vale a corrente que passa sobre o resistor equivalente? (grifamos).*

Aluno 2: *Vale 0,25A.*

Prof. C: *E quanto vale  $i_1$  e  $i_2$ ?*

Aluno 3: *Também 0,25A.*

Prof. C: *Por quê?*

Aluno 3: *Porque  $i_1$  e  $i_2$  são iguais a i.*

As respostas pareciam satisfatórias. Mas se percebia que Prof. C fazia, com frequência, certas confusões nas suas falas. Neste caso, referiu-se à expressão  $i=V/R$  como sendo a Lei de Ohm, enquanto nas aulas 22 e 23, escreveu: *podemos escrever  $V=Ri$ , que é a expressão conhecida como Lei de Ohm.* Era a falta de rigor técnico, como já referido.

O professor resolveu um exercício, interrompeu, e fez a chamada. Estavam presentes 18 alunos, ou seja, 50% do número original da turma. Mostrou-se surpresa e procurou saber o motivo das ausências. Teve, então, início um pequeno debate entre alunos e professor: *eles moram longe; eles trabalham e ficam cansados; se atrasam no trânsito; têm dificuldades para vir... .* Iam-se perpetuando, assim, entre os diferentes atores sociais (alunos, professores, administradores da escola) algumas hipóteses como as que passamos a destacar: o tipo de público que a escola atendia era, basicamente, oriundo da periferia, de classes sociais menos favorecidas economicamente, enfrentavam dificuldades de várias ordens e não era incomum conviverem próximos da criminalidade, etc.. Isso, até certo ponto, parecia funcionar como justificção para as flexibilidades, as permissividades e o baixo nível de ensino da escola.

Prof. C, por sua vez, novamente falava nos **modelos** utilizados na Física e surpreendeu, nesse dia, com um diálogo sobre questões epistemológicas, nos minutos finais da aula.

Prof. C: *Como vocês acham que se chegou a todas essas leis?*

Aluno 4: *Foram anos de estudo. Foi o Ohm quem pensou nisso...*

Aluno 5: *Sei lá...*

Prof. C: *Para que tudo isso serve?*

Aluno 6: *Serve para a gente passar de ano...*

Prof. C: *Vocês nunca pararam para pensar nisso?*

Aluno 7: *Não!*

Prof. C: *Então comecem a pensar sobre isso. Tragam algumas respostas na próxima aula. Pensem como tema de casa...*

Aluno 8: *Vale nota professor?*

Não houve respostas. Ficou-nos a impressão de que essas questões foram rapidamente processadas como do tipo “conhecimentos irrelevantes”. Afinal um debate sobre filosofia da ciência exigiria alguma dose de reflexão e talvez fosse mais simples adotar uma postura como aquela sugerida pelo aluno 7, ou seja, saber manipular minimamente as fórmulas era suficiente para passar de ano. Fim de aula.

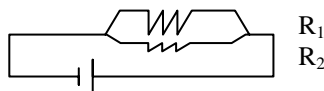
As aulas 35 e 36, em 13/11/08, começaram com atraso de 10 minutos e com somente 14 alunos em aula. O docente corrigiu um exercício passado na aula anterior e comentou que muitos não tinham feito a tarefa.

Aluno 1: *Eu tinha coisas mais importantes para fazer...*

Essas pequenas provocações eram tomadas pelo docente em tom de brincadeira e isso assegurava uma convivência pacífica em sala da aula. Se analisadas com maior profundidade, de uma perspectiva sociológica, elas surgiam de conversas quotidianas entre alunos e pareciam associadas a uma visão de mundo. O mundo subjetivo dos assuntos quotidianos, das amenidades, veiculados na televisão ou na internet; das “grandes” questões sobre futebol, que eram muito mais animadas do que a “difícil” tarefa de tentar compreender Física ou qualquer outro conteúdo. Havia exceções, sem dúvida. Alguns alunos dedicavam-se, trabalhavam e estavam, podia-se dizer, acima da média.

Prof. C prosseguiu no conteúdo, nesse dia.

*“Resistores em Paralelo: quando ligamos resistores um ao lado do outro, de tal forma que a corrente tenha mais de um caminho a seguir, os resistores estão em paralelo.”*



*A característica principal dessa ligação é que a diferença de potencial é a mesma para todos os resistores, enquanto a corrente total está distribuída entre os resistores.”*

Prof. C: (...) *aqui a corrente chega no nó e se divide. Ela tem dois caminhos a escolher... a tensão é igual nos dois resistores em paralelo, ou seja,  $V=V_1=V_2$ , enquanto  $i=i_1+i_2$ . O que acontece com os resistores? Não vou demonstrar, apenas vou contar e vocês aceitam que  $1/R_{eq}=1/R_1+1/R_2+1/R_3 +... (...)$ .*

Depois de uma pequena explicação vinham os habituais exercícios e com eles a retomada das conversas e das costumeiras reclamações: *Ah não professor!* Mas o docente parecia convicto de que eles tinham a função importante de mostrar como se faz, destacar sutilezas, adquirir familiaridade.

A aula terminou sob as súplicas dos alunos para que Prof. C a encerrasse. Eles queriam os minutos finais para realizar uma votação para decidir qual inscrição seria impressa nas camisetas de formatura. Havia três sugestões. Duas impublicáveis. A terceira chamava atenção: *“Entramos forçados, ficamos pirados e saímos formados”*.

Essa frase, nascida entre os alunos, expressava de maneira eloquente uma aversão à escola. Uma escola basicamente tradicional, focada na transmissão do conhecimento, cuja dinâmica e a abordagem do objeto de ensino obscurecem a realidade ao invés de iluminá-la. Decididamente não reorientava o estudante para a sociedade de forma crítica. Não era em vão que ela tinha sido sugerida e fora posta em votação. A cultura de sala de aula envolvia negociações de significados

não apenas com relação ao conteúdo de ensino, mas também no que tange a intenções, sentimentos e expectativas. Parecia faltar uma forma de expressão verbal capaz de desafiar. Um desafio em que professor e alunos são agentes cognitivos: aprendem juntos, resolvem juntos, fazem autocrítica e crescem juntos. O nível de profundidade dessas negociações talvez seja um dos aspectos capazes de distinguir as diferentes culturas escolares. Talvez se encaixe bem aqui a pedagogia da libertação de Paulo Freire (2009, p. 23) quando ele afirma que *quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender*. Não era o que observávamos.

A aula 37, em 18/11/08, não houve porque os professores estavam em greve.

As aulas 38 e 39, em 20/11/08, somente puderam acontecer porque o Prof. C resolveu não aderir à greve. Houve um encontro da turma, ou melhor, parte da turma com o docente. Ele distribuiu as orientações sobre um trabalho para ser feito em grupos visando suprir as aulas perdidas durante o período de greve.

“*Tópicos do Trabalho:*

- 1) *Descrever o campo magnético de um ímã;*
- 2) *Magnetismo terrestre;*
- 3) *Corrente elétrica na presença de campo magnético*
  - a. *Experimento de Oersted;*
  - b. *Relação entre a corrente e campo magnético (Lei de Faraday e Experimento de Oersted);*
  - c. *Relação entre campo magnético e campo elétrico;*
  - d. *Pela Lei de Lenz o que se pode falar em relação ao campo e a corrente elétrica.*
- 4) *Cite pelo menos três aplicações práticas de fenômenos magnéticos, presentes no nosso cotidiano”.*

Na prática não houve aula expositiva ou de exercícios nesse dia. Apenas combinações sobre os itens e a forma de apresentação do trabalho que, na verdade, abordaria todo o conteúdo de Eletromagnetismo, que não tinha sido visto até então. Pelo ritmo das aulas de Física, todo o Eletromagnetismo não seria visto em sala de aula. Por esse motivo o trabalho assumia grande importância.

Observava-se que as dificuldades de grande escala iam tornando nosso problema de investigação muito pequeno. Saber até que ponto as visões epistemológicas do docente contribuíam para uma boa prática didática era pouco relevante quando o problema era ter, ou não ter as horas de aula, que em ritmo normal já seriam poucas para contemplar o abrangente conteúdo de Física.

A aulas 40 e 41, em 27/11/08, foram outro encontro semanal da turma com Prof. C. Havia no início oito alunos em sala de aula. O professor avisou que haveria a prova final na semana seguinte e deu início a uma revisão sobre: *resistores, associações em série e em paralelo*. Desenhou e destacou as diferenças entre os dois tipos de associações, como já abordado em outras aulas. Acrescentou a *associação mista* de resistores.

Prof. C: (...) *vou propor um desafio: se um aluno deseja fazer um circuito onde a resistência equivalente seja  $25\Omega$ , mas ele só dispõe de resistores de  $15\Omega$ , como ele deve proceder para usar o menor número possível de resistores? (...).*

Todos os alunos presentes fizeram tentativas de resolver o exercício, primeiro individualmente, depois em grupos. Não conseguiram chegar à solução.

Prof. C: (...). *Vamos tentar uma associação mista. Colocamos um resistor de  $15\Omega$  em série com uma associação em paralelo. Sempre que temos um problema assim, podemos fazer uma tentativa (...). Se der errado, a gente faz de forma um pouco diferente. ...*

Os alunos pareciam continuar sem entender.

Prof. C: *Se tentarmos uma associação em paralelo  $1/15+1/15$  obteremos que a resistência equivalente é  $7,5\ \Omega$ ; se tentarmos com três resistores em paralelo obteremos  $1/15+1/15+1/15=5\ \Omega$ ; se tentarmos com quatro resistores obteremos uma  $R_e=3,25\ \Omega$ ; Assim, podemos escrever uma fórmula do tipo “ $R_e=R/n^\circ$  de Resistores”. Ela serve apenas para o caso de os resistores serem todos iguais. (...). Mostrei este exercício para vocês verem que tem regrinhas práticas que ajudam a resolver problemas. Vocês acham que a indústria usa isto? Sim, faz uso dessas diferentes associações de resistores para obter uma determinada resistência equivalente toda hora...*

Embora o docente inicialmente estimulasse a tentativa-e-erro, esse foi um esforço de abordar a aplicabilidade das leis da Física, de trazê-las um pouco mais para perto da realidade, de retirá-lhes a noção puramente abstrata que, em geral, se observava nas visões dos alunos. Eles, no entanto, mergulhados em seu imediatismo e pouco afeitos a reflexões críticas não pareceram dar atenção ao assunto.

Prof. C seguiu escrevendo no quadro o enunciado de um exercício semelhante ao do exemplo.

Aluno 1: *Professor, já achei uma solução para o primeiro exercício, com 9 resistores...*

Prof. C: *Mas queremos o n.º mínimo de resistores. Você está lá na microempresa e não tem dinheiro para comprar tantos resistores. (...).*

Aluno 2: *Ok professor vou tentar outro...*

Prof. C: *Tentativa e erro é sempre a primeira opção, mas depois que conseguimos uma fórmula não precisamos suar novamente. Assim, usamos  $R_e=R/n^\circ$  de resistores (...).*

Nesse dia o Prof. C cometeu alguns equívocos: ao afirmar que “*tentativa e erro é sempre a primeira opção...*” pareceu sugerir que um caminho simples é aprender por tentativa-e-erro. Essa assertiva desafia pelo menos um dos princípios da Epistemologia contemporânea: aquilo que parece muito simples é, por princípio, falso, ou, nas palavras de Bachelard (1988), *tudo o que é fácil de ensinar é inexato*. Bachelard nos alerta que conhecer pressupõe ruptura, que cada experiência nova diz não à experiência antiga. Mas se trata de uma desilusão, uma negação ao conhecimento primeiro no sentido de avançar de reformar-se, que nada tem a ver com tentativa-e-erro. O espírito científico deve avançar na direção de uma maior complexidade racional. Analogias simples demais limitam o espírito científico.

As aulas 42 e 43, em 04/12/08, ocorreram após duas semanas de greve dos professores. As atividades normais da escola foram retomadas. Foi um dia de prova.

A aula começou em clima de inquietação devido ao resultado de um jogo de futebol da véspera. A alegria de alguns era contagiante. Aqueles que não vibravam faziam comentários, críticas ou brincadeiras. Futebol, o tipo de assunto sempre bem-vindo, sempre apaixonante, que conseguia arrancar afirmações desajuizadas: *professor estou afiadíssimo para a prova!* Esse aluno tinha, na verdade, grandes dificuldades de compreensão, mas era dia de comemorar.

A turma recebeu e fez a prova em silêncio. Havia 18 alunos em aula, o que correspondia 50% do grupo inicial e mostrava que o alto índice de evasão escolar era um fato.



Nós também resolvemos à prova. Eram 6 questões, sendo uma conceitual e cinco de cálculos, todas retiradas de exames vestibulares e envolvendo aplicação direta das fórmulas. Eram bastante similares, em termos dos enunciados, àquelas resolvidas em aula. Prof. C escreveu as fórmulas no quadro, de forma que a tarefa reduzia-se a interpretar o enunciado e decidir-se pelas fórmulas adequadas.

Uma aluna chegou aproximadamente 20 minutos antes do final da aula, quando vários colegas já entregavam a prova. Mas ela não se abalou, pediu para fazer a prova e entregou-a vinte minutos depois, e fez uma pergunta, que pela entonação sugeria uma queixa:

Aluna 2: *Professor eu calculei certo (...), mas me enganei na hora de passar para a grade. Você vai me dar errado?*

Prof. C: *Eu pedi para não haver rasuras na grade.*

Aluna 4: *Mas isto aqui não é vestibular...*

Prof. C: *Essa concepção é que está errada. Aqui é mais importante do que o vestibular, porque se vocês não passam de ano não vai adiantar fazer vestibular!*

A Aluna 2 insistiu e o docente cedeu e prometeu pensar. Essas cenas eram comuns.

De outro lado, a questão da avaliação era visivelmente problemática. Corrigir apenas a grade de respostas parecia insuficiente para o professor obter um panorama de como se deu o desenvolvimento das ideias, do raciocínio, do significado atribuído e do nível de integração dos novos conceitos. Em outras palavras, era difícil de avaliar se ocorreu uma aprendizagem significativa. Moreira (1999, p. 169) afirma que para Joseph D. Novak (quem refinou e divulgou a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel) há cinco constituintes básicos nos eventos educativos: *aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação*. O que nossas observações de sala de aula nos informavam era que o contexto assume um papel relevante na troca de significados. Se o contexto de sala de aula não é favorável, equilibrado, disciplinado, a troca ou é deficitária ou não acontece. Esse processo parece se completar com a avaliação, onde de alguma forma o aluno deve externar os significados que captou. Quando a avaliação é problemática ela coloca em risco todo o processo. É certo que outros constituintes, como por exemplo, a *disposição para aprender*, são fundamentais na negociação em sala de aula. E era possível observar indícios de disposição para aprender de alguns alunos naquela turma, mas os problemas de contexto (falta de disciplina e organização) tornavam essa tarefa uma missão quase impossível. O resultado era um desempenho abaixo do esperado.

A aula 44, em 09/12/08, foi dia de informação das notas finais, de devolução dos trabalhos e de muita ansiedade, porque os alunos visivelmente não desejavam ter que fazer estudos de recuperação. Prof. C escreveu no quadro as notas parciais do último trimestre do ano letivo, indicando os alunos apenas pelo número de chamada, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Notas parciais do último trimestre letivo dos alunos da turma de 3º ano do Ensino Médio, escola pública, observada em 2008/2.

Identificação do aluno	Nota	Identificação do aluno	Nota	Identificação do aluno	Nota
1	1,0+R+P	14	4,0	26	R+4,8
2	7,0	15	7,5	29	R+4,0
5	3,0+R+P	16	5,0	32	6,0
7	5,0	17	5,5	33	R+4,5
8	R+3,5	18	6,5	35	6,0
10	5,5+R	19	5,5	37	6,5
11	3,5	20	6,5		
12	4,0	21	R+4,0+P	<b>Média Parcial</b>	<b>4,9</b>

Prof. C: (...) *têm anotação R aqueles que deveriam ter feito recuperação no 2º trimestre e não fizeram (...). A prova de recuperação terá duas etapas: 1ª será uma lista com 20 exercícios para fazer em casa valendo 5,0 pontos a ser entregue no dia da prova; 2ª etapa vale 5,0 pontos e será uma prova no mesmo dia da entrega da lista de exercícios.. (...) o P indica que não fizeram última prova do último trimestre (...).*

O docente explicou que a média para aprovação era 6,0 e que a nota daquele trimestre se compunha de: prova de recuperação do 2º trimestre (peso 3,0); trabalho sobre Eletromagnetismo (peso 4,0); prova do 3º trimestre (peso 3,0).

A Tabela 1 mostra que apenas sete alunos, ou 30% dos que efetivamente concluíram o ano, tinham nota igual o levemente superior a 6,0. Embora o resultado ainda fosse preliminar já que os alunos que não tinham feito (indicação R) teriam a oportunidade de fazer a prova de recuperação do 2º trimestre, e que todos poderiam fazer a recuperação do 3º trimestre, a média parcial mostrava um rendimento médio bastante baixo.

Outro aspecto que chamava atenção na fala do docente era o peso atribuído ao trabalho sobre Eletromagnetismo, que tinha o objetivo de cobrir o conteúdo não lecionado e compensar as aulas do período de greve dos professores. Por essas razões entendíamos que esses trabalhos deveriam ser significativos, refletidos e ter um bom nível de organização. Não foi o que constatamos.

O Prof. C permitiu que nós examinássemos os trabalhos entregues. O que vimos foi um cenário assustadoramente pobre. Restritos a cópias de textos obtidos da internet, os trabalhos não apresentavam resumo, interpretações, sequência lógica ou conclusão. Assuntos como: definição de campo magnético, Lei de Ampère, Lei de Faraday, Lei de Lenz, descrição e uso da bússola eram apresentados na forma e na ordem como tinham sido encontrados na rede. Os diferentes assuntos tinham sido impressos com formatação, cores, tipos e tamanhos de letras diferentes. Provavelmente retirados de diferentes *sites*. Em outras palavras, uma colagem rudimentar sem ao menos uma padronização de cor, tamanho e tipo de letra, tampouco interpretação pessoal dos principais conceitos. Com folhas impressas ora em verde, ora em azul, preto ou vermelho os trabalhos mais se pareciam com rascunhos mal elaborados. Era comum aparecerem fórmulas na forma integral ou diferencial que, certamente, não tinham nenhum significado para aqueles alunos. Dentre os trabalhos que examinamos apenas um estava formatado, alinhado, contemplava todos os itens, na ordem como solicitado procurando responder às perguntas com algum toque pessoal. Nesse trabalho foi possível ver sinais tênues de tentativas de interpretação e algumas palavras de ligação dos próprios alunos. Mas só isso.

No final daquela aula, fora do ambiente de sala de aula, tivemos oportunidade de conversar com alguns alunos e procuramos saber “o que” eles tinham aprendido com a realização do trabalho. Dialogamos sobre aspectos simples: o que eles sabiam sobre ímãs, campo magnético terrestre, bússola, etc. Foram longos minutos de hesitação, risos e respostas do tipo *não lembro* ou *não entendi nada*. Nem os conceitos mais elementares do Eletromagnetismo tinham sido ancorados na estrutura cognitiva, ao que parecia. Não conseguiram dizer, por exemplo, que um ímã possui dois pólos, que a terra tem magnetismo e que se comporta como um grande ímã, que pólos opostos se atraem e iguais se repelem, nem souberam relatar para que serve uma bússola. Nada além de um *ímã é uma espécie de pedra que consegue atrair metais*.

As respostas foram nesse nível, passando a ideia de que aquela turma concluía o Ensino Médio sem saber os conceitos mais elementares do Eletromagnetismo. Falamos brevemente nos ímãs, no campo magnético terrestre, no funcionamento da bússola e de sua importância para as

navegações e para a orientação das pessoas. Os alunos demonstravam surpresa. Chegamos mesmo a pensar que não tinham lido o próprio material impresso e entregue. Era lamentável que não levassem para a vida uma compreensão mínima desses conceitos. Pareceu-nos que eles poderiam ter aprendido menos fórmulas, gasto menos tempo com exercícios e discutido melhor uma Física para a vida. De que vale aprender a manipular fórmulas se elas não adquirem sentido para os alunos? Em suma, uma Física com pouca ou quase nenhuma conexão com o cotidiano. Uma lacuna.

Nas aulas 45 e 46, em 11/12/08, houve estudos de recuperação. Prof. C entregou uma lista de exercícios com 20 questões que, segundo havia combinado, consistiria na primeira parte da prova de recuperação daquele último trimestre.

No início da aula retornaram as discussões sobre as avaliações. Uma aluna perguntou pela nota, pois estivera ausente na última aula. O Prof. C explicou que deveriam somar 24,0 pontos nos três trimestres para aprovação, mas que a nota do último trimestre era duplicada para efeito da soma. Em outras palavras, havia um grande número de combinações possíveis: o aluno poderia ter notas baixas nos dois primeiros trimestres, mas se no último tivesse boa nota (duplicada) alcançaria facilmente 24,0 pontos, ou o contrário, se tivesse boas notas nos primeiros trimestres poderia obter aprovação com nota muito baixa no último já que era duplicada. Como já dissemos, a reprovação era um evento quase impossível e muito provavelmente essa certeza fomentava o desinteresse e o elevado índice de faltas às aulas.

O docente sugeriu que formassem grupos para a resolução da lista, mas apenas duas duplas se constituíram. Os demais preferiram trabalhar individualmente. A cada questão examinavam as anotações do caderno. Os exercícios seguiam o padrão daqueles resolvidos em aula. Mesmo assim, as dificuldades se faziam presentes.

Observamos que dois alunos não receberam a lista, mas permaneciam em aula, conversando, ouvindo música ou jogando nos seus celulares. Conversamos com esses alunos. Eles explicaram que estavam aprovados, tinham boas notas, entre 8,0 e 9,0, nos dois primeiros trimestres o que os colocava na situação confortável de já estarem aprovados. *Estamos em aula só para cumprir horário*, afirmou um deles.

Prof. C circulava pela sala, dava dicas, esclarecia dúvidas e na medida do possível, atendia aos alunos em suas classes. Vendo que eles consultavam os cadernos e buscavam subsídios, em dado momento desabafou.

Prof. C: *Mas somente agora vocês estão estudando? Não tinham estudado para a prova?*

A resposta era sabida. Aqueles alunos, definitivamente, não tinham o hábito do estudo. Mas alguns percebiam sua discrepância em relação a outras escolas consideradas de qualidade.

Aluno 1: *Professor, o pessoal do colégio militar aprendeu coisas que nós não aprendemos e nem nunca vamos aprender. Eles passam no vestibular sem estudar...*

Era, de fato, grande a diferença de nível de ensino entre as diferentes escolas (pública, militar e particular), disso nunca nos sobraram dúvidas. Resta tentar analisar as causas. E elas são muitas. Mas certamente não estão ligadas à diferença de potencial dos alunos. Os alunos da escola pública, igualmente, tinham potencial. Toda vez que tivemos oportunidade de interagir e explicar exercícios ou conceitos eles sempre corresponderam reelaborando a informação e chegando ao resultado, por si próprios. O que lhes faltava então? Disciplina, organização, cobrança. Se a escola pública se orientasse por padrões razoáveis de rigor técnico e organizacional os alunos, em geral,

afora casos especiais, não teriam razões para não responderem à altura. Ensinar é assunto sério. O objetivo é a aprendizagem. Ensinar aos pobres é muito mais sério porque é preciso investir muita energia na autoestima, no discurso desafiador para a aprendizagem crítica. A premissa de que os pobres não aprendem é falsa. A diferença de tratamento essa sim é verdadeira. Vejamos, por exemplo, o número de aulas da disciplina de Física perdidas durante o período de nossa observação participante na escola pública, e os motivos.

O Quadro 1 mostra que 12 das 49 horas-aula, ou 25%, não aconteceram durante nossa estada na escola pública. Com esse índice de aulas perdidas qualquer uma das melhores escolas do país baixaria sensivelmente seu nível de ensino e aprendizagem. Os principais motivos: falta de professores, paralisações e greves são de conhecimento público e remetem a políticas públicas que não serão aqui discutidas. Só o que se pode constatar é que não parece correto nem justo atribuir ao potencial do aluno (ou à falta dele) o baixo nível do ensino público.

Quadro 1: Aulas de Física que não aconteceram e os motivos, durante a observação participante, escola pública, 2008/02

Aula 2	Reunião dos professores
Aula 5	Antecipação de período por falta de professor
Aulas 9 e 10	Paralisação dos professores
Aula 11	Antecipação de período por falta de professor
Aulas 15 e 16	Conselho de classe
Aula 17	Antecipação de período por falta de professor
Aula 20	Antecipação de período por falta de professor
Aula 23	Paralisação dos professores
Aula 30	Passeio com outra disciplina
Aula 36	Greve dos professores

Os motivos elencados no Quadro 1, também de conhecimento público, estão atrelados a baixos salários, carga excessiva e condições precárias dos professores da rede pública. Bunge (1980) afirma que para ser criativo o cientista precisa estar livre de preocupações financeiras angustiantes, ter acesso a publicações e gozar de liberdade acadêmica. Isso também se aplica para o ensino das ciências. Todavia, parece haver uma diferença fundamental entre fazer e ensinar ciências. O ensino afeta diretamente a vida das pessoas enquanto a produção científica, afora a ciência aplicada e a técnica, só o faz indiretamente. Por esse motivo o comprometimento é tão fundamental no ensino. O que se percebe, no entanto, é uma combinação nefasta de descaso, desorganização e falta de rigor e comprometimento.

A aula 47, em 16/12/08, foi uma continuação da resolução da lista e exercícios. Estavam presentes 13 alunos, mas apenas 8 trabalharam na lista que correspondia à primeira parte da recuperação trimestral. Os demais apenas cumpriam horário, como eles próprios diziam, pois estavam aprovados. Mas o espírito de cooperação estava sempre presente entre os alunos, e a angústia dos que precisavam de nota para a aprovação era amenizada pela ajuda dos colegas que, já aprovados, tinham calma e maior domínio do conteúdo para auxiliar. Havia humildade dos que precisavam de ajuda e boa vontade daqueles que podiam ajudar.

Prof. C circulava pela sala, dava algumas dicas e incentivava o trabalho. Mas era só isso. O clima era de aflição. Um aluno nos procurou.

Aluno 1: *Por favor, dá uma ajuda aqui (...), o professor não quer de dizer como faço.*

Prof. C brincou dizendo que *pode ajudar, mas não pode dar resposta*. A questão mostrava três circuitos com fontes idênticas: o primeiro com um resistor R (lâmpada); o segundo com dois

resistores  $R$  em série (duas lâmpadas) e o terceiro com dois resistores  $R$  em paralelo (duas lâmpadas). Procuramos induzir o aluno a raciocinar sobre o brilho das lâmpadas pensando em termos da resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) nos diferentes circuitos e conseqüentemente na diferença de tensão (energia) a que cada lâmpada estava submetida. A evolução do raciocínio do aluno foi rápida e precisa. Prontamente ele chegou à resposta.

Prof. C: *A lista é para vocês pensarem, tem que refletir, calcular, tentar. (...).*

A aula resumiu-se nisso.

Nas aulas 48 e 49, em 18/12/08, houve prova de recuperação do 3º trimestre. Doze alunos fizeram a prova, que transcorreu tranquila e o silêncio se manteve até o final. A prova continha 12 questões, sendo 6 exercícios de cálculo e 6 questões teóricas. O nível era compatível com os exercícios passados em aula. Resolvemos a prova e assim que os alunos entregavam-na ao docente nos procuravam para checar suas respostas. Ficamos além do horário de aula. Os alunos vinham conversar. Ansiosos, vibravam com cada acerto. A conversa se estendeu para outros aspectos. Os alunos eram muito espontâneos. *Não gosto de Eletricidade, gosto da parte de Mecânica...*, disse uma aluna.

Procuramos saber o porquê. Descobrimos que esse tipo de afirmação, naquela escola e naquele contexto estava associada, via de regra, ao professor. *O professor do primeiro ano era ótimo, ele era muito empolgado, ele explicava bem...* afirmou a aluna. Alguns colegas concordaram. Essa visão a respeito do professor (“o professor era empolgado”, “o professor explicava bem”) parecia ser o ponto central, o elo entre o papel do professor e a tão desejada “motivação”. Parecia indicar que, independente da condição social dos estudantes ou das condições logísticas da escola, era sempre possível motivar os alunos para o conhecimento. E mais, quem exerce esse papel é fundamentalmente o professor. Não estamos pretendendo generalizar este achado, mas não dá para esquecer que estávamos nas aulas finais do terceiro e último ano do Ensino Médio e que “aquele” professor de Mecânica, que ainda permanecia na mente de alguns bem como a Mecânica que ele ensinara, tinha passado na vida escolar daqueles alunos no primeiro ano. Ele tinha deixado suas marcas.

Com relação à avaliação final, procuramos o Prof. C após o final do ano letivo, e confirmamos nossa suspeita: todos os alunos daquela turma que efetivamente concluíram o ano foram aprovados. Não houve reprovações. O Prof. C tinha naquela escola várias outras turmas com *desempenho bastante inferior*, como ele mesma dizia, e considerava que os alunos da turma observada *trabalharam muito bem, levaram a sério a lista de exercícios, entenderam a proposta e obtiveram boas notas*.

Era desconcertante para a pesquisadora ouvir do docente tal afirmação, tendo em vista todas as dificuldades presenciadas ao longo do período de observação. Era como se o percentual de 100% de aprovação dos alunos concluintes daquela turma apoiasse uma tese do tipo “missão cumprida”. Tínhamos, entretanto, convicção de que o Prof. C tinha consciência das lacunas que aqueles alunos levavam para a vida. Serviria essa consciência para um processo de autocrítica de suas próprias práticas didáticas?

Fim de aula. Fim de ano letivo.

### **Alguns Achados de estudo de caso etnográfico**

É possível afirmar que a convivência com o grupo de estudantes da escola pública foi enriquecedora, pelas características dos alunos, da escola, pela diversidade, pela espontaneidade e

principalmente pela grande diferença com relação às demais escolas observadas (Massoni e Moreira, 2010; Massoni, 2010).

Também é possível afirmar que o nível de ensino observado foi muito baixo, para não dizer de péssima qualidade, como é de conhecimento público.

Segundo Gobara e Garcia (2007), alguns dos problemas “atuais” do ensino de Física no Brasil são velhos problemas: ensino expositivo, geral, superficial e baseado na memorização e excessiva dependência dos manuais didáticos; e outros, são decorrentes da popularização da escola e consequente expansão do ensino público: número insuficiente de aulas, falta de laboratórios, de bibliotecas, ensino formal desconectado da realidade, má estrutura das escolas e principalmente falta de professores habilitados. Os autores apontam, como resultado de um diagnóstico dos cursos de Licenciatura em Física no Brasil, a falta de professores e a necessidade de se investir nos cursos de Licenciatura, na formação de professores de Física.

Por tudo o que foi descrito e analisado neste estudo etnográfico, classificamos em pelo menos três os tipos de fatores aos quais se pode atribuir o baixo rendimento dos alunos na disciplina de Física, naquela escola pública: *externos, internos e pedagógicos*.

Os *fatores externos* estavam associados a políticas públicas descomprometidas e aos escassos recursos repassados. A falta de professores, que gerava as intermináveis “antecipações de períodos”, absolutamente improdutivas, a péssima conservação das instalações físicas, os baixos salários dos professores, as paralisações, a greve são dificuldades inerentes ao setor público, mantenedor da escola pública, e que não vamos aqui discutir. Entretanto, não dá para deixar de refletir. Entrar em uma sala de aula totalmente desorganizada, com classes e cadeiras velhas e fora de lugar, lixo espalhado pelo chão sujo, tudo isso não representaria um cenário de abandono capaz de gerar desmotivação? Ou melhor, gerar motivação para estar fora dele? Mas este é apenas um detalhe menor de tantos outros que se poderia discutir nessa categoria.

Outro fator externo relevante tinha a ver com as condições sociais dos alunos daquela escola. Oriundos, em geral, das classes trabalhadoras menos privilegiadas economicamente; viviam em condições de dificuldades de várias ordens, que os obrigavam a entrar muito cedo para o mercado de trabalho através de estágios remunerados, reduzindo, assim, o tempo dedicado aos estudos, e aumentando a consciência da sua falta de competitividade frente a alunos de outras escolas; solapando sonhos e expectativas. Esses fatores, sem dúvida, traziam à tona a desigualdade social e a perversidade do modelo econômico no qual estamos inseridos. Também não iremos aqui discutir esses aspectos. Apenas destacar que tudo isso deveria servir de motivação porque investimentos e esforços deveriam se somar para gerar mudanças profundas na nossa sociedade e na escola pública. Não foi o que observamos.

Os *fatores internos*, pelo que foi possível constatar, estavam associados a problemas de gestão, falta de organização, planejamento e controle efetivos da instituição escola. Embora Prof. C tivesse elaborado no início do ano, segundo ele informou e nos apresentou, um plano de aulas, não havia controle ou cobranças a respeito do seu cumprimento, de forma que, como se pôde perceber, todo o Eletromagnetismo não fora visto.

A falta de professores sem a devida substituição, gerando perda de aulas; o livre trânsito dos alunos fora da sala de aula, ou seja, eles acabavam indo embora toda vez que havia “antecipação de período”; a falta de logística mínima capaz de oferecer aos professores condições de prepararem polígrafos, evitando assim que tivessem que escrever tudo no quadro; a indisciplina ou a falta de se fazer cumprir condutas interpessoais mínimas, que geravam situações complexas ao nível das ameaças físicas tanto para os professores quanto para os alunos, como foi aqui relatado; as

frequentes interrupções das aulas para assuntos variados, gerando descontinuidades e desconcentração; a realização de reuniões de professores em horário de aula. Tudo isso remete à falta de políticas organizacionais internas, de planejamento e gestão e sugeriam que as autoridades escolares não eram pró-ativas. Esse comportamento interferia em muito no rendimento escolar como um todo. Parecia haver uma silenciosa e não verbalizada premissa básica em tudo aquilo: “os pobres não conseguem aprender”. Esperamos ter mostrado através das descrições do cotidiano da sala de aula daquela escola que essa premissa era tão real quanto falsa.

Todos os aspectos até aqui levantados fazem supor que não é possível analisar em profundidade uma situação de ensino sem levar em conta o contexto. Também oferece uma ideia de quão difícil era nossa missão: tentar identificar as contribuições das visões epistemológicas do Prof. C ou se a questão da mudança epistemológica contribuía de fato na melhoria do ensino de Física, num cenário em que questões de contexto assumiam importância indiscutivelmente superior. Ainda assim é o que tentaremos.

Os *fatores pedagógicos* tinham a ver com as estratégias didáticas do docente. Eram a classe de fatores mais importantes do ponto de vista dos objetivos da nossa pesquisa.

Ao longo da observação participante e fruto de conversas e de uma entrevista realizada com o Prof. C, foi se cristalizando a nossa convicção de que ele tinha concepções epistemológicas parcialmente alinhadas às visões contemporâneas. Um breve levantamento das falas transcritas a partir dos nossos diários de campo, mostrou que Prof. C foi quem mais vezes falou em “modelos” (conceituais e científicos) quando comparado aos dois outros estudos de caso realizados nesta investigação (Massoni e Moreira, 2010; Massoni, 2010).

Outra virtude que não nos passou despercebida era notável capacidade do Prof. C de utilizar o “idioma dos alunos”, que em muito se aproximava da pedagogia da autonomia de Paulo Freire. Seu jeito de ser, de circular constantemente pela sala, de atender individualmente os alunos, de ouvir não apenas as dificuldades relativas ao conteúdo, mas também seus dramas pessoais, acabava gerando uma convivência amistosa, de camaradagem. Prof. C tinha conquistado confiança e aceitabilidade e em muitos momentos as manifestações dos alunos expressaram isso de forma inequívoca. Faltou fazer uso efetivo dessa sua condição.

O Prof. C tinha boas intenções, tinha feito um detalhado plano de aulas para o ano letivo, mas teve dificuldades para colocá-lo em prática. Muitas dessas dificuldades estavam associadas aos fatores anteriormente discutidos. Outras, entretanto, estavam ligadas à falta de uma estratégia didática adequada, a falta de rigor técnico em suas aulas. Era desperdiçado tempo demais com longas e repetitivas listas de exercícios. Em geral os alunos não sabiam resolver porque lhes faltavam conceitos, conteúdo, discussão, compreensão, debate e disciplina.

Dá para verificar que foram poucas as aulas expositivas e, menor ainda a quantidade e qualidade das discussões e debates sobre o objeto de ensino. Não estamos aqui defendendo as aulas expositivas tradicionais, mas apenas destacando que de alguma forma os conceitos da Física precisam ser apresentados aos alunos. Durante o período de observação não houve nenhuma abordagem abrangente, ou utilização de gráficos, não foram destacados aspectos históricos para introduzir os assuntos, não houve contextualização (integração) dos conceitos introduzidos, com o restante do arcabouço conceitual da Física, por assim dizer. Os assuntos eram apresentados de forma segmentada e muito introdutória.

A falta de controle sobre a turma, de rigor técnico, e por vezes, certa insegurança ou aparente falta de domínio dos conteúdos, dificultava um controle mínimo da situação em sala de aula. O Prof. C não conseguia minimizar as conversas e o ruído intenso que marcavam suas aulas.

Só para citar um exemplo, toda vez que o docente solicitou que os alunos trabalhassem em grupo os grupos não se formaram. Faltava condução dos trabalhos.

Houve uma única tentativa, na aula 34, de discussão explícita das questões da natureza da ciência. Ainda que louvável, foi uma tentativa ineficaz porque inconclusa, ficou de ser retomada na aula seguinte e nunca o foi. Acreditamos que uma das maiores contribuições da abordagem explícita de visões epistemológicas contemporâneas é provocar o debate, é gerar reflexões críticas sobre o conteúdo de Física em estudo, sobre a ciência, seu processo, seu papel na vida das pessoas. E foi justamente a falta de discussões, de debate em grande grupo o que mais marcou a estratégia pedagógica do Prof. C.

As tímidas tentativas do Prof. C de fazer uso de suas próprias convicções epistemológicas, sua inabilidade para incitar a concentração, a ausência de discussões e debates, a recusa às reflexões por parte dos alunos e principalmente o baixo nível de ensino daquela escola pública não nos autorizam a afirmar que houve contribuição efetiva das visões epistemológicas para a melhoria do ensino de Física naquela cultura escolar.

### **Considerações Finais**

Este trabalho, como referido anteriormente, consistiu de um estudo de caso etnográfico com o fim de compreender a cultura da sala de aula na disciplina de Física lecionada no terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública, onde o alunado era tipicamente oriundo de classes menos favorecidas economicamente, apresentava baixo rendimento escolar, tinha dificuldades de concentração e de disciplina; a escola enfrentava problemas com relação a questões de organização e de gestão, além daqueles que já são de conhecimento público, como: professores desvalorizados, desmotivados, com sobrecarga de trabalho e sofrendo os reflexos dos baixos salários, o que gerava paralizações, perda de aulas, falta de professores e todos os desdobramentos decorrentes dessa situação.

Através de observação-participante em todas as aulas de Física, durante um semestre letivo, acabamos por conhecer os alunos, o docente e a escola. Chegamos a uma realidade rica em termos de diversidade e potencial humano, muitas vezes inexplorado; inesperada em relação a certos comportamentos disciplinares; desorganizada com relação à estrutura, gestão e funcionamento geral da escola; apática em termos das expectativas dos estudantes; sucateada pelo poder público; passiva ante às necessidades de permanente adaptação e transformação dos saberes, frente à expectativa de formação de cidadãos mais reflexivos e críticos e diante de um mercado de trabalho cada vez mais exigente.

Os achados indicaram que a cultura observada apresentou um desempenho na disciplina de Física abaixo do esperado, em termos de nível e qualidade do ensino. A expectativa inicial da pesquisa foi tentar identificar as contribuições de posturas epistemológicas contemporâneas para a melhoria do ensino de Física e possíveis relações entre as concepções epistemológicas do Prof. C, que se mostraram parcialmente alinhadas a essas visões, e suas práticas docentes. O que obtivemos foi uma descrição detalhada da cultura de uma escola pública, tão adversa e inesperada, diante da qual nosso problema de pesquisa foi se tornando pequeno dado que as condições de contexto assumiram proporções maiores do que a variável que pretendíamos avaliar. Dessa forma, só o que podemos inferir é que não se observou uma contribuição efetiva das visões epistemológicas contemporâneas porque a Física não foi ensinada, de forma explícita, como uma construção humana, inacabada, tentativa, conjectural, aberta a novas e melhores explicações com o avanço do conhecimento científico e cujas leis e teorias não são fixas e imutáveis.



É isso que se espera de uma pesquisa desse tipo: longo tempo de permanência no campo dos eventos, imersão, participação, observação. Mas se espera também capacidade de se distanciar para poder analisar criticamente a cultura de chegar a uma descrição compreensiva contextualizada da realidade observada.

## Referências

- Amorim, A.C.R. (1999). Relações entre ciência/tecnologia/sociedade na formação de professores: contribuições da História e Sociologia da Ciência. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, nº 6.
- Bachelard, G. (1988). *A Filosofia do Não*. Lisboa: Editorial Presença.
- Bell, R.L.; Lederman, N.G. and Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 35, nº 9, p. 1057-1061.
- Bogdan, R.C. e Biklen, S.K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Bunge, M. (1960). *La ciencia su método y su filosofía*. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte.
- Bunge, M. (1980). *Ciência e Desenvolvimento*. Obra coeditada pela Editora Itatiaia (Belo Horizonte) e a EDUSP, São Paulo.
- Davson-Galle, P. (2004). Philosophy of science, critical thinking and science Education. *Science & Education*, vol. 13, n. 6, p. 503-517.
- El-Hani, C.; Tavares, E.J.M. e Rocha, P.L.B. (2004). Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)*, vol. 9, n. 3. Em <http://www.if.ufrgs.br/ienci>.
- Erickson, F. (1986). *Qualitative Methods in Research on Teaching*. In M.C. Wittrock (Ed), *Handbook of Research on Teaching*, 3rd. edition, New York: Macmillan.
- FEYERABEND, P. (1989). *Contra o Método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.
- Freire, P. e Shor, I. (2006). *Medo e Ousadia - O Cotidiano do Professor*. Rio de Janeiro: 11ª edição, Paz e Terra.
- Freire, P. (2009). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Edição especial, Paz e Terra.
- Guerra, A.; Reis, J.C. e Braga, M. (2004). Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 21, n. 2, p. 224-248.
- Gobara, S.T. e Garcia, J.R.B. (2007). As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 29, nº 4. p. 519-525.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, n. 1, p. 47-63.
- Khishfe, R. and Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction: on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, n. 7, p. 551-578.
- Latour, B. e Woolgar, S. (1997). *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.

- Kuhn, T. (2003). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva. 8ª Ed.
- Lakatos, I. (1993). *Metodología de los Programas de Investigación Científica*. Madrid: Alianza.
- Laudan, L. (1977). *El Progreso y sus Problemas*. Madrid: Encuentro Ediciones.
- Lederman, N. and Druger, M. (1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 22, nº 7, p. 649/662.
- Lederman, N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 8, 916-929.
- Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R.L. and Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, nº 6, p-497-521.
- Lin, H. and Chen, C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through History. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, nº 9, p-773-792.
- Marshall, R. (2007). How do we know that we know what we know? *Physics Education*, vol. 42, p. 238-244.
- Massoni, N.T. (2009). Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo: um enfoque Epistemológico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 2.
- Massoni, N.T. y Moreira, M.A. (2010). Un enfoque epistemológico de la enseñanza de la física: una contribución para el aprendizaje significativo de la física, con muchas cuestiones sin respuesta. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9, nº 2, p. 283-309. Em <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Massoni, N.T. (2010). *A Epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de Ensino de Física: a questão da mudança epistemológica*. Tese de Doutorado apresentada ao IF-UFRGS.
- Matthews, M.R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 12, nº. 3, p. 164-214.
- Matthews, M.R. (2009). Teaching the philosophical and worldview components of science. *Science & Education*, vol. 18, n. 6-7, p. 697-728.
- Maturana, H. R. (2001). *Ciência, Cognição e Vida Cotidiana*. Belo Horizonte: Editora da UFMG.
- McClelland, G. (1983). The limits to a physics teacher's responsibility. *Physics Education*, vol. 18, nº 3, p. 114/116.
- Meichtry, Y.J. (1993). The impact of science curricula on students views about the nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, nº 5, p. 429-443.
- Moreira, M.A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária.
- Moreno Gonzales, (2006). A. Historia e Epistemologia das ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 24 (3), p. 411-428.
- Nussbaum, E.M.; Sinatra, G.M. and Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, vol. 30, nº 15, p. 1977-1999.
- Popper, K. (1982). *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Ed. UNB.
- Silva, C.C. e Moura, B.A. (2008). 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, 1602.

- Silveira, F.L. e Peduzzi, L.O.Q. (2006). Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 23, n. 1, p. 27-55.
- Silveira, F.L. e Medeiros, A. (2009). O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 2, p. 273-294.
- Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de Física e Química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1) , p. 151-162.
- Solomon, J.; Duveen, J. and Scot, L. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, nº 4, p. 409-421.
- Taber, K. S.; Trafford, T. and Quail, T. (2006). Conceptual resources for constructing the concepts of electricity: the role of models, analogies and imagination. *Physics Education*, v. 41, p. 155-160.
- Teixeira, E.S.; El-Hani, C.N. e Freire Jr., (2001). O. Concepções de estudantes de Física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual de ensino de Ciências. *Revista da ABRAPEC*, vol.1, nº 3, p. 111.
- Toulmin, S. (1977). *La Comprensión Humana*. Madrid: Alianza Editorial.
- Yin, R.K. (2001). *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2ª edição.

Recebido em: 04.01.2011

Aceito em: 05.04.12