

# ELEMENTOS METODOLÓGICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DAS ATIVIDADES DE TRABALHO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

## METHODOLOGICAL ELEMENTS TO THE TEACHING OF PHYSICS FROM JOB ACTIVITIES OF HIGH SCHOOL STUDENTS

Alice Helena Campos Pierson<sup>1</sup>

Frederico Augusto Toti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos/DME, apierson@ufscar.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos/PPGE, toti@iris.ufscar.br

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo desenvolver elementos metodológicos para o ensino de Física a partir da atividade de trabalho dos estudantes do Ensino Médio, tendo em vista o potencial dos conceitos cotidianos desenvolvidos nas situações de trabalho enquanto referência para o desenvolvimento de conceitos científicos. A metodologia da pesquisa foi de natureza exploratória, centrada em situações de aprendizagem no contexto de uma intervenção em sala de aula do Ensino Médio. A metodologia da intervenção foi construída a partir das relações entre conceitos cotidianos e científicos proposta na teoria de aprendizagem e desenvolvimento da Psicologia Histórico-Cultural. Os resultados confirmam a potencialidade das atividades de trabalho enquanto fornecedora de conteúdos para o desenvolvimento conceitual dos estudantes rumo a construção de conceitos científicos, destacando a produção de inventários das atividades de trabalho que se mostraram importantes ferramentas para o planejamento de aulas de Física voltadas para a realidade do estudante trabalhador.

**Palavras-chave:** metodologia de ensino de Física, estudantes trabalhadores, psicologia histórico-cultural.

### Abstract

This paper aim was to develop methodological elements to the teaching of Physics from job activities of High School students. That was so, because of the potential aspects of the daily concepts developed in the work environment as reference to the development of scientific concepts. The research methodology was exploratory, centered in learning situations in a context of a high school classroom. The methodology was built from the relationship between daily and scientific concepts proposed by the learning and development theory in the Historical-Cultural Psychology. The results confirm the job activities potentialities as content supplier to the students' conceptual development towards the construction of scientific concepts, stressing the production of job activities inventory that proved to be important tools to Physics lesson planning directed to the working student reality.

**Key-words:** Physics teaching methodology, working students, historical-cultural psychology

### Introdução

Na literatura da área de Ensino de Ciências não ocorrem com frequência referências às relações entre o Ensino de Ciências e as atividades profissionais desempenhadas pelos estudantes.

A relevância em considerar tais relações está na necessidade de tornar o Ensino de Ciências mais próximo da realidade dos estudantes, sem descaracterizar o objeto de ensino, e o fato de que conciliar trabalho e estudos é uma realidade para a maioria dos estudantes brasileiros do Ensino Médio e relatórios do Banco Interamericano de Desenvolvimento afirmam que esta realidade está longe de poder ser modificada (RODRÍGUEZ e HERRÁN, 2000). Além disso, o rápido desenvolvimento científico e tecnológico que revoluciona constantemente, sobretudo, os setores produtivos da economia coloca diante dos estudantes trabalhadores situações contraditórias quanto à aprendizagem de Ciências. Por um lado o mercado de trabalho exige uma qualificação que difere daquela pretendida pela escola, uma vez que exige conhecimentos necessários a operacionalizações específicas, o que na maioria das vezes não implica em apropriação dos conceitos científicos fundamentais. Por isso parece necessário que a pesquisa em Ensino de Ciências busque disponibilizar instrumentos de natureza metodológica que sejam capazes de considerar o mundo do trabalho do estudante real, ou seja, a partir de situações de trabalho vivenciadas concretamente pelos estudantes, mas capazes principalmente de ampliar o horizonte conceitual dos estudantes em direção a aprendizagem de conteúdos científicos relevantes.

Por outro lado há idéias difundidas, em particular nos Parâmetros Curriculares Nacionais, argumentando que os jovens que freqüentam a escola pública cursam o Ensino Médio não mais com expectativas de prosseguir os estudos, encarando o Ensino Médio não mais como propedêutico, mas como uma etapa dos estudos que o capacite para o trabalho e para continuar aprendendo em situações extra-escolares. Esta idéia torna-se frágil diante de dados obtidos junto aos jovens estudantes do Ensino Médio nas principais capitais brasileiras, em uma pesquisa abrangente sobre o Ensino Médio, coordenada por Abramovay e Castro (2003), realizada entre os anos de 1999 e 2002. Essa pesquisa mostra que a maioria desses jovens almeja o acesso ao Ensino Superior. O mesmo se pode inferir do relatório do Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) de 2003, publicado em 2004 (BRASIL, 2004). Por isso, nossa referência sempre serão os conteúdos específicos de Ciências, em particular os de Física, e não os conteúdos que possam ser considerados do tipo que interessam e/ou atendem estritamente às demandas por qualificação do chamado setor produtivo da economia, que a nosso ver, em geral estão aquém das expectativas de uma formação sólida em Ciências para os estudantes do Ensino Médio.

Nossa revisão de literatura detectou até 2006, apenas duas pesquisas que tiveram como foco o Ensino de Física no Ensino Médio e a realidade do mundo trabalho. São eles, Raboni (1993) e em um recorte posterior publicado em 1998 e Garcia (2000) tendo apresentado recortes desta pesquisa em anos anteriores e posteriores à publicação da respectiva tese de doutoramento.

A pesquisa de Raboni (1993) embora tenha partido de um questionário aplicado a estudantes do Ensino Médio noturno, focou-se nos trabalhadores de duas indústrias do ramo ótico, não contemplando necessariamente estudantes trabalhadores. Raboni revela esses trabalhadores como portadores de potencialidades que, embora desejáveis no ensino de conteúdos escolares, não são consideradas pela escola quando o trabalhador está na condição de estudante. Garcia (2000) coloca seu foco no levantamento de assuntos de Física escolar presentes numa linha de produção específica e na sua comparação com os assuntos lembrados pelos trabalhadores. Portanto, as pesquisas têm como foco as relações entre Física e situações de trabalho em linhas de produção industriais, porém, a maioria dos estudantes trabalhadores desempenha atividades profissionais em outros setores da economia, em particular no setor de serviços e no comércio, setores que apresentam características diferentes da indústria.

Nosso objetivo neste trabalho foi explorar um possível caminho favorável ao desenvolvimento conceitual dos estudantes trabalhadores partindo de seus contextos de trabalho e ampliando esse desenvolvimento para os níveis de sistematização de conhecimentos da Física. Esta possibilidade se fundamenta na teoria de aprendizagem e desenvolvimento intelectual da Psicologia Histórico-Cultural desenvolvida por Psicólogos soviéticos dos quais Vygotsky (1896-1934) tem sido o mais lembrado. Especificamente, o objetivo foi procurar elementos

metodológicos para o desenvolvimento de conteúdos de Física a partir de situações de trabalho concretas dos estudantes trabalhadores, buscando relacionar a Física tipicamente desenvolvida no Ensino Médio com situações de trabalho apresentadas por estudantes trabalhadores no âmbito de uma intervenção realizada em sala de aula de uma escola pública do interior do Estado de São Paulo.

## **Referencial Teórico**

Pesquisas desenvolvidas pelos psicólogos soviéticos e coordenadas por Vygotsky nas primeiras décadas do século XX demonstraram que a aquisição de conceitos científicos por meio de disciplinas formais como as Ciências e Matemática favorecem o alcance de sucessivos estágios superiores de desenvolvimento mental permitindo a formação de conceitos novos (VYGOTSKY, 1988). Vygotsky defendia que o desenvolvimento de conceitos mais complexos pressupõe o desenvolvimento de funções intelectuais também mais complexas, como a abstração, memória lógica e capacidades de comparação. Assim, para Vygotsky, o desenvolvimento intelectual depende do nível de capacidade de compreensão de conceitos. Nas pesquisas que Vygotsky e seus colaboradores desenvolveram (VYGOTSKY, 2005), os psicólogos soviéticos distinguiram dois tipos de conceitos com que lidam indivíduos em idade escolar. Os “conceitos cotidianos”, entendendo-os como aqueles radicados na reflexão do indivíduo sobre sua experiência diária. Cabe esclarecer que este cotidiano não é entendido como algo relacionado ao senso comum, uma vez que o conteúdo do cotidiano difere de indivíduo para indivíduo. O outro tipo de conceito foi entendido como radicado na atividade educacional especializada e se apresenta aos indivíduos na forma de conceitos científicos, dentro de um sistema de generalizações hierárquico, próprio do conhecimento científico.

Vygotsky argumentou ainda, que o desenvolvimento depende do nível da capacidade de se compreender conceitos e esta capacidade está associada ao desenvolvimento de conceitos cotidianos. Assim, torna-se necessário que um conceito cotidiano alcance determinado nível para que seja possível a compreensão de um conceito científico correlato (VYGOTSKY, 2005). Isso significa que “os conceitos novos e mais elevados, por sua vez, transformam o significado dos conceitos inferiores” (VYGOTSKY, 2005, p. 143). Podemos dizer que ocorre uma (re)significação e reorganização dos conceitos cotidianos pela via dos conceitos científicos. Deste modo, o aprendizado escolar induz uma percepção generalizante, desempenhando um papel preponderante para o indivíduo no processo de tomada de consciência de seus próprios processos mentais. Este processo leva as esferas do pensamento à estruturas de generalizações avançadas, próprias da Ciência. “Os conceitos científicos, com seus sistemas hierárquicos de inter-relações, parecem construir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos a outros conceitos e outras áreas do pensamento” (VYGOTSKY, 2005, p. 115).

Níveis de generalidade variam segundo os diferentes níveis de desenvolvimento conceitual, indo das formações sincréticas aos conceitos científicos propriamente ditos (VYGOTSKY, 2005). Assim quando falamos em níveis conceituais, o parâmetro assumido para uma orientação entre diferentes níveis será sempre aquele dos conceitos científicos e seus respectivos níveis de generalização, que constituem a sistematização característica do conhecimento científico, uma vez que entendemos que os conceitos científicos e cotidianos são pontos dos dois extremos desta hierarquia, que permitem diferentes níveis de generalização mantendo relações mútuas num contínuo que se amplia mediante as experiências individuais, mas principalmente com a apropriação dos conhecimentos científicos acumulados ao longo do desenvolvimento sócio-histórico da humanidade.

## **Aspectos metodológicos**

O objetivo da intervenção foi construído de forma que coincidissem com o objetivo geral da pesquisa ora relatada, assim, dada a complexidade expressa numa sala de aula, optamos por conduzir o processo inicialmente com uma postura exploratória. Buscamos explorar a possibilidade de incorporar de forma significativa, no Ensino de Física, conhecimentos provenientes das atividades profissionais desenvolvidas por estudantes trabalhadores buscando, para além da contextualização, encontrar elementos metodológicos para o Ensino de Física que permitam aos estudantes trabalhadores ampliar seus sistemas de generalização, ampliando os significados do seu cotidiano pela via dos conceitos científicos a serem aprendidos ou consolidados enquanto aprendizagem. Assim, por exemplo, eles podem estudar a Física almejando novas oportunidades de escolaridade, mas também podem descobrir que a Física oferece um conteúdo importante na compreensão das situações de trabalho, ou na compreensão de como se apropriar melhor dos conhecimentos relacionados à sua atividade profissional. Mostrar essa ampliação de possíveis motivos para a aprendizagem de Física, por meio dos conteúdos específicos, foram objetivos secundários da intervenção, mas os reconhecemos como centrais nos processos de ensino e aprendizagem.

Apresentamos a proposta de intervenção uma professora de Física e Matemática da rede pública que, gentilmente, cedeu-nos suas aulas por duas semanas em uma das turmas de 3º ano do Ensino Médio do noturno. Foi um total de seis aulas distribuídas em duas semanas da seguinte forma: uma aula “dupla” (100 min) e dois dias depois uma aula “simples” (50 min).

Depois destes acertos iniciais, procedemos ao levantamento da distribuição dos estudantes em função de suas atividades profissionais. Participaram da atividade 22 estudantes. A média de idade era de 22,5 anos. A escola situa-se na região central da cidade, porém, a maioria dos estudantes reside em bairros não centrais. Obtivemos a seguinte distribuição de atividades profissionais: Mecânico de automóveis (2); motorista (transporte de cargas) (1); açougueiro (2); caixa de supermercado (3); repositor de supermercado (1); trabalhador rural (na produção de cana) (1); ajudante de cozinha (1); manicure (1); balconista de loja de confecções e calçados (2); nunca trabalhou (1); Domésticas (3); responsável por depósito de produtos secos (1); atendente em academia de ginástica (2); promotor de vendas (cosméticos) (1). Destes, alguns poucos estão desempregados, mas já trabalharam, neste caso, considerou-se a atividade profissional anterior. As informações obtidas foram registradas em caderno de campo e coletadas dos inventários das atividades de trabalho solicitadas aos estudantes no primeiro dia da intervenção.

### Metodologia da intervenção

A partir do quadro teórico já esboçado, desenvolvemos a metodologia da intervenção. Buscamos permitir um processo de ensino, por meio do desenvolvimento de conteúdos associados às atividades de trabalho dos estudantes que, ao mesmo tempo esclarecessem a realidade imediata, permitindo uma maior autonomia para a reflexão sobre sua atividade de trabalho, mas orientada para o desenvolvimento de níveis conceituais capazes de permitirem um deslocamento em meio a um sistema hierárquico de generalizações que indo dos conceitos cotidianos aos científicos, possa mudar a estrutura psicológica, desenvolvendo o pensamento crítico pela via do conhecimento científico. As atividades que relataremos foram desenvolvidas tendo em vista essa concepção de hierarquia de conceitos e generalização.

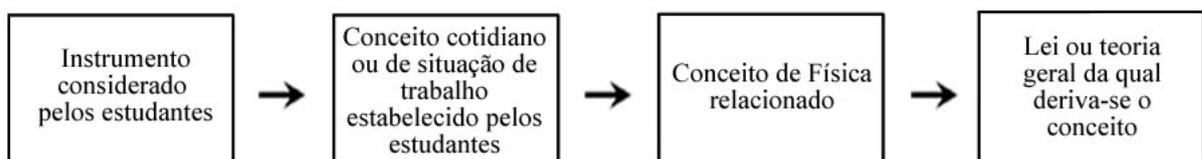


Figura 1 – Esquema geral de trabalho na intervenção – “sistema hierárquico de generalização”.

Para o desenvolvimento da intervenção, baseada no esquema acima, solicitamos aos estudantes a elaboração de uma ficha individual, a qual denominamos de inventários das atividades de trabalho. Solicitamos periodicamente que eles acrescentassem nesta ficha detalhes de suas atividades de trabalho e das relações percebidas ou aprendidas entre elas e conceitos aprendidos nas aulas de Física. Eventualmente, também acrescentávamos observações, questões, nestas fichas, que ficavam com os estudantes. Os inventários orientaram o desenvolvimento da intervenção, fornecendo assuntos comuns às atividades de trabalho e de interesse como ponto de partida para desenvolvimentos de conteúdos de Física típicos no Ensino Médio.

Planejamos e desenvolvemos dois momentos principais na intervenção. O primeiro momento compreendeu a primeira semana e a primeira parte da aula “dupla” da semana seguinte, ou seja, quatro aulas (200 minutos). A apresentação da proposta aos estudantes ocorreu antes do início da intervenção, numa visita realizada durante uma aula de Física. O segundo momento compreendeu o restante das aulas a nós concedidas, ou seja, duas aulas (100 minutos) nas quais desenvolvemos conteúdos de Física compartilhados pela maior parte das atividades de trabalho relatadas na intervenção a partir do que foi apresentado pelos estudantes por meio dos inventários de trabalho. Caso não fosse obtido um resultado satisfatório nos inventários, ou seja, apresentação de situações de trabalho que suscitasse temas importantes de Física, nosso procedimento alternativo seria entrevistar os estudantes individualmente com o objetivo de obter informações sobre suas atividades de trabalho, de interesse para o andamento da intervenção, segundo os objetivos enunciados.

**Primeiro momento:** Após a apresentação da proposta e do levantamento da distribuição dos estudantes em função de suas atividades profissionais, solicitamos que fossem formados grupos com três ou quatro integrantes e que mencionassem situações de trabalho para começarmos a delinear alguns temas buscando encontrar conexões entre idéias da Física presentes nas atividades profissionais dos estudantes e conteúdos de Física organizados academicamente.

A pergunta básica neste momento foi: “o que vocês fazem em suas atividades de trabalho?” Mas foi a pergunta complementar (quais instrumentos vocês utilizam e como os utilizam em suas atividades profissionais?) a questão que mais foi respondida e comentada pelos estudantes. O que nos levou a fazer a pergunta principal daquele momento da atividade foi a tentativa de que os próprios estudantes percebessem, mediante este estímulo, as conexões entre o que fazem no trabalho e conteúdos de Física que já tivessem tido acesso nas aulas de Física, uma vez que estavam cursando o terceiro ano do Ensino Médio, e portanto, espera-se que já tenham visto uma quantidade suficiente de conceitos de Física para realizarem tais conexões. Já a pergunta complementar, a consideramos tendo em vista que o uso das ferramentas/instrumentos (materiais ou intelectuais) é um meio de acumulação e transmissão do conhecimento social, em particular no contexto de trabalho.

A partir da pergunta complementar, que passou a ser a principal, os estudantes relataram alguns instrumentos que utilizam em suas atividades profissionais, bem como as forma corretas, segundo eles, de utilização destas ferramentas. Portanto, sugerimos que deveriam explicar a “teoria” dos instrumentos. Ressaltamos que se trata de uma teoria inseparável da prática, argumentando que ninguém poderia fazer tal relato sem ter utilizado o instrumento antes, ou seja, “na prática”.

Neste momento, os estudantes tiveram a oportunidade de elaborar mentalmente e redigir sobre seus instrumentos de trabalho na escola, numa aula de Física. Os excertos abaixo mostram algumas manifestações dos estudantes<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> As citações correspondem a excertos de anotações realizadas durante ou logo após este momento da intervenção, portanto não são transcrições literais das falas dos estudantes, mas tentam ser fiel às idéias que entendemos que queriam expressar.

Uma simples chave de roda pode render muito mais se quem for usar tiver “cabeça” para fazer força no ponto certo...usar uma extensão. (mecânico).

Utiliza carrinhos-de-mão, fitas adesivas, caixas...[etc]. Teoricamente compara sua atividade a montar um quebra-cabeças, segundo ele tem que empilhar, alinhar, encaixar as embalagens dos produtos umas nas outras e deixá-las bem firmes para que não caiam sozinhas das gôndolas. (repositor de supermercado).

O mecânico, por exemplo, apresenta uma noção tácita de torque, que, embora não chegue a ser uma formulação científica, o ajuda em sua atividade profissional ao potencializar sua força. Provavelmente, sua vivência prática favoreça o desenvolvimento de posturas de pragmatismo frente ao saber escolar.

Quanto ao repositor de produtos de supermercado, a partir da discussão do excerto apresentado, foi possível extrair elementos para proporcionar uma resignificação de seus conceitos cotidianos alargando seu horizonte conceitual para níveis de sistematização da Ciência, conforme a proposta da Psicologia Histórico-Cultural. Isso provavelmente ocorreu, na medida em que o estudante percebeu, mediante nossa intervenção, que o que ele faz, é dispor as mercadorias de modo que a resultante das forças externas atuantes sobre elas seja zero, e que esta situação, vivenciada por ele, é um caso muito particular da situação, cuja teoria permite a descrição dinâmica de um veículo, de um ônibus espacial, ou do movimento dos planetas, cuja forma matemática pode ser generalizada em função da variação de momento no tempo, cuja equação, é tipicamente desenvolvida da seguinte forma:

$$\frac{d \vec{p}}{dt} = \frac{d(m \vec{v})}{dt} = m \frac{d \vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt} = m \vec{a} + \vec{v} \frac{dm}{dt}$$

e que no caso das gôndolas de supermercado significa, em termos de uma solução trivial:

$$m \vec{a} (= 0) + \vec{v} \frac{dm}{dt} (= 0) = \frac{d \vec{p}}{dt} = 0$$

Juntamente com essas discussões, foi tratada a idéia de derivada de uma função de modo convencional. Partimos de um caso particular do conceito geométrico de derivada (devidas de uma parábola). Utilizamos a idéia de limite para apresentar o que é a derivada de uma função, no caso, com  $f(x) = x^2$ . Exemplificamos a noção de derivada a partir do movimento uniformemente acelerado (aceleração constante, independente do tempo, ou seja,  $\vec{a}(t) = cte$ ), já estudado pelos estudantes em séries anteriores, esboçando o gráfico da posição e da derivada da posição, a velocidade que cresce linearmente (reta inclinada) na ausência de forças dissipativas, discutindo a correspondência física com um veículo em aceleração constante sem ação de atrito com o ar e dos pneus com o solo. Tomando a derivada da velocidade em relação ao tempo, mostramos que a aceleração é constante, para o caso considerado. Finalmente substituindo um valor para o tempo  $t$  na função posição, encontrando a posição e velocidade instantânea do veículo em movimento. Comentamos ainda, que para movimentos em que a aceleração não é constante, ou seja,  $\vec{a}$  é uma  $f(t)$ , a derivada da aceleração em relação ao tempo fornece o Impulso, que no exemplo considerado foi zero (derivada de constante). Os estudantes demonstraram euforia quando mostramos as equações do movimento uniformemente acelerado (velocidade e aceleração) como derivada primeira e segunda respectivamente da equação de posição, bem como com nosso comentário de que muitas idéias da Física podem ser matematicamente associadas a derivadas, além dos casos considerados, da segunda lei de Newton, do torque e do movimento uniformemente acelerado.

Deste modo, pudemos destacar que a mesma teoria que suscitou a descrição do repositor de mercadorias, permite a compreensão física geral, formal, do que relata o mecânico sobre o uso de uma extensão na “chave de roda”, ou seja, o torque. Trata-se do produto vetorial da força pelo vetor posição relativa ao centro da aplicação de forças, no caso do mecânico é a medida total do “braço de força”, ou seja, a distância do ponto de aplicação da força. Em termos matemáticos gerais, mostramos a analogia entre a equação geral para  $\vec{F}$  o torque ( $\vec{\tau}$ ). Enfatizando que se não houver variação do vetor posição, ou seja, se a distância ao ponto de aplicação da força não variar (se o braço da alavanca não estiver mudando de tamanho com o tempo), teremos que

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = |\vec{r}| |\vec{F}| \text{sen}\theta$$

onde  $\theta$  é o ângulo entre a alavanca e a força de aplicação. As unidades consideradas em todos os casos foram as do Sistema Internacional (SI). Assim aparecem na Física as considerações do estudante trabalhador na oficina. Desde o “ponto certo”, mencionado por ele, para aplicação da força até a também mencionada, utilização da alavanca. Assim a formalidade e a hierarquia dos sistemas de conceitos da Física resignificam os conceitos cotidianos do estudante, partindo das situações de trabalho.

Na relação de instrumentos e conceitos cotidianos, ocorreu uma quantidade significativa de instrumentos e formas de uso comuns a várias atividades, mas com perspectivas distintas de uso, evidentemente em função das atividades profissionais. Nesse caso foi importante chamar a atenção de todos para a semelhança das “utilidades” e depois dos conceitos físicos que determinam grandezas que podem ser manipuladas, por exemplo, para otimizar o uso desses instrumentos. A tabela abaixo resume os principais instrumentos relacionados durante a atividade, suas aplicações e conceito físico predominante.

**Tabela 1 – Relação de instrumentos e respectivas atividades profissionais e conceitos considerados no primeiro momento da intervenção em sala de aula.**

Instrumento	Profissão	Conceito cotidiano/situação de trabalho	Conceito da Física
Alicate	Mecânico, manicure, motorista.	Fixar objetos, facilitar o corte e alterar formas de sólidos, etc.	Torque (princípio da alavanca), atrito estático e dinâmico.
Laser	Caixa de supermercado, responsável por depósito.	Indefinido – só se “vê” o resultado, não o processo, leitura ótica.	Ressonância óptica em cavidade – emissão estimulada.
Instrumentos de corte	Açougueiro, ajudante de cozinha, trabalhador rural, manicure.	Corte em geral, afiação.	Relação entre força e área de contato - pressão
Materiais de aderência	Vendedora de calçados, motorista.	Superfícies Lisas e rugosas, sulcos no material para se melhorar a aderência, etc.	Atrito estático e dinâmico

Na construção da tabela, reunimos as atividades de trabalho dos estudantes que mencionaram o instrumento com as de alguns colegas cujas atividades profissionais compartilham tais instrumentos, mas não haviam mencionado nenhum instrumento. A tabela acima foi composta com a ajuda dos estudantes. Quanto aos conceitos de Física, esses foram discutidos de forma que os estudantes confirmassem ou refutassem a correspondência teórico-prática, na medida das possibilidades de tempo para que refletissem e recuperassem suas

percepções dos fenômenos no seu cotidiano de trabalho. Abaixo resumimos a abordagem dada aos conceitos de relação entre força e pressão e atrito estático e dinâmico<sup>2</sup>.

Primeiramente, foi introduzido sob aspecto qualitativo o conceito de pressão, ou seja, a pressão é igual a força normal (aplicada perpendicular à área) por unidade da área, ou seja pela área de contato. Neste caso exemplificamos aplicando uma força em lápis, perpendicular ao plano horizontal (força normal ( $F_N$ )), sobre a mão de um voluntário até que ele dissesse “ai” e depois aplicamos uma força visivelmente maior utilizando o apagador de giz, o que não provocou nenhuma dor em nosso voluntário. A partir daí discutimos outro exemplo: o açougueiro presente nos ajudou e confirmou que quando afia seus instrumentos de corte pensa em diminuir a “parte da faca que vai entrar em contato com a carne”. Em termos matemáticos podemos escrever:

$$p = \frac{F_N}{A}$$

Ressaltamos ainda que esta relação matemática continua válida quando o meio de propagação da força for líquido (princípio de Pascal). Este é o princípio básico dos equipamentos hidráulicos muito utilizados em veículos (direção hidráulica) e elevadores de carga. Tratamos ainda da diferença de pressão entre dois pontos separados a uma distância qualquer  $\Delta h$  em um fluido, utilizando a pressão atmosférica como exemplo, e realizando um exemplo numérico com o uso da expressão:

$$p_1 - p_2 = \mu g(h_1 - h_2)$$

O último conceito que consideramos nesse momento da intervenção foi a relação entre atrito estático e dinâmico, ou seja, o atrito entre corpos que estão em movimento um em relação ao outro (atrito dinâmico) e o atrito entre corpos na iminência de um movimento relativo. Para isso começamos por considerar estas formas de atrito de um dos sapatos cedidos para a experiência pela “vendedora de calçados”. Após mostrarmos qualitativamente as diferenças entre atrito estático e dinâmico por meio da simples experiência de deslizar o calçado sobre a mesa em regime de movimento e a partir do repouso, tentamos dar uma noção microscópica do atrito. Isso permitiu algumas noções para melhor entender o que significa o coeficiente de atrito. Esboçamos ainda, um gráfico que permitiu uma melhor percepção da diferença entre o atrito estático e dinâmico. Discutimos que se trata de uma função da força de atrito que cresce linearmente até um dos corpos em contato sair do repouso, depois a força decresce até se estabilizar em torno do valor da força de atrito dinâmico. Um ponto destacado nessa discussão é que o coeficiente de atrito dinâmico é sempre menor que o coeficiente de atrito estático, sendo em geral, ambos menores que 1. Foi discutido ainda, o caráter dissipativo das forças de atrito e algumas formas de minimizá-lo, além de exemplos sobre a importância do conceito de atrito para a indústria de calçados e de pneus e a velocidade “terminal” do movimento acelerado em fluidos.

A participação dos estudantes, lembrando, e enriquecendo as discussões com conceitos cotidianos, provenientes de situações concretas vivenciadas no trabalho, pareceu ser um indicativo de que a abordagem permite a criação de condições favoráveis ao surgimento de necessidades que levam os estudantes a procurar novas situações para relacionar suas atividades de trabalho ou situações de trabalho conhecidas com a Física, ampliando os níveis de conceituais cotidianos por meio dos científicos.

**Segundo momento:** Este momento foi planejado exclusivamente a partir de informações provenientes dos inventários das atividades de trabalho dos estudantes, elaborado por eles. Contamos com duas aulas (100 minutos), embora originalmente tivéssemos previsto que fossem necessários pelo menos três aulas. Este atraso se deu devido à nossa opção de considerar de forma mais cuidadosa e detalhada as primeiras contribuições dos estudantes de forma a não

---

<sup>2</sup> O conceito de torque considerado foi aquele já desenvolvido e em função do tempo da aula ter se esgotado e da complexidade do assunto, deixamos para tratar do LASER nas aulas seguintes (2º momento da intervenção).

correr o risco de dificultar o diálogo, dificultando novas contribuições ao não desenvolver de forma coerente ao que havíamos proposto as idéias apresentadas pelos estudantes. Mesmo que isso tivesse ocorrido, não estaria inviabilizada a proposta, uma vez que podemos fazer um levantamento das conexões entre fragmentos do conhecimento de Física encontradas nas atividades profissionais e aquele proposto para o Ensino Médio a partir de outras fontes e observações, mas isso poderia acarretar menor envolvimento dos estudantes, pelo menos inicialmente, pois não seriam exatamente as suas percepções, mas as do pesquisador.

A seguir, apresentamos as atividades de trabalho diretamente envolvidas neste segundo momento, as contribuições dos estudantes por meio do inventário e/ou verbalmente e os conteúdos principais desenvolvidos.

**Inventário do açougueiro:** Forneceu diversas informações sobre o uso de instrumentos cortantes tais como facas e serras. Explicou o que significa afiar uma faca, como se corta carnes com mais eficiência, mencionou algumas características (durabilidade) de facas construídas com materiais diferentes, tais como aço inox e metais mais baratos. Explicou ainda algumas condições de conservação de carnes e outros alimentos (posição que devem ser colocadas nas grandes geladeiras), mostrando uma noção tácita de convecção.

**Conteúdos desenvolvidos:** a partir das idéias fornecidas pelo Açougueiro foi possível desenvolver a idéia de gradiente de temperatura, comparando um sistema de refrigeração artificial e a variação da temperatura num espaço geográfico. Discutimos que se trata da variação da temperatura em intervalos infinitesimais do espaço. O gradiente de temperatura significa a direção e sentido em que a função  $T$  tem a taxa máxima de variação.

Foi ainda possível organizar idéias sobre as grandes geladeiras de frigoríficos e laticínios nas quais se busca minimizar os gradientes de temperaturas, visando manter a temperatura uniforme no interior dos instrumentos de congelar e conservar alimentos, ou pelo menos nas regiões onde ficam armazenados os alimentos. A noção de gradiente de temperatura iniciou uma discussão, com participação notável dos estudantes, comparada com aulas observadas em outras situações (estágio e atuação docente anterior). Os estudantes se envolveram na questão da medida da temperatura de um sistema, já que pelo conceito de gradiente de temperatura, havendo um gradiente, há variação da temperatura de ponto a ponto do sistema. Estando o instrumento de medida da temperatura (termômetro, termopar, etc.) localizado em um ponto, poderá registrar um valor pontual da temperatura do sistema, caso este apresente um gradiente de temperatura? Foi uma das questões exploradas.

Outro problema que consideramos, é aquele em que o instrumento de medida não está em equilíbrio térmico com o sistema (situação que pode ser transiente), mas quando introduzido no sistema apresentará um gradiente de temperatura, fornecendo uma medida diferente da temperatura real do sistema. Ou seja, a medida da temperatura vai variar, neste caso, não apenas em função da variação da temperatura do sistema, mas também devido às propriedades de transferência de calor do sistema. Um exemplo disto foi dado, provocando mais discussões e questões dos estudantes, foi a chamada sensação térmica. A sensação térmica ocorre devido à presença de movimento das massas de ar (ventos) interferindo na sensação que temos da temperatura, sem que haja mudança nas condições de temperatura do sistema. Ocorre que o movimento do ar aumenta a taxa de transferência de calor do nosso corpo (e também dos objetos que podemos sentir tocando, como metais etc), ou seja, eles perdem calor mais rapidamente do que sem o vento, fornecendo a sensação de que a temperatura é inferior a temperatura real do sistema, sem que a temperatura deste, necessariamente diminua.

As contribuições do inventário do estudante ainda poderiam suscitar discussões das leis da termodinâmica, o que evidentemente, exigiria mais aulas para desenvolvimento.

**Inventário do caixa de supermercado:** Seu inventário contribuiu com questões sobre o funcionamento do leitor ótico que utiliza para a leitura de códigos de barras. Primeiro apresentou questões sobre seu funcionamento geral (como funciona?), fornecendo uma

explicação que ela mesma reconhece como insuficiente, fornecida por um técnico da rede de supermercados em que trabalha, responsável pela manutenção dos aparelhos. Forneceu ainda questões sobre a diferença de funcionamento dos leitores com espelho e sem espelho, em que no primeiro caso, a leitura é facilitada, reduzindo-se a dificuldade para realizar a leitura ótica. Outra questão interessante levantada por essa participante foi quanto à multiplicidade de aplicações dos lasers, o que segundo ela, dificulta entender o que é LASER, dado que assume diferentes funções em diferentes situações.

**Conteúdos desenvolvidos:** sobre a multiplicidade de aplicações do LASER, argumentamos que pode, ao contrário, facilitar a compreensão dos princípios de funcionamento de diversos aparelhos, uma vez que há o LASER de comum entre eles, realizando “tarefas” diferentes, mas baseadas no mesmo princípio físico. Exemplos deste fato permitiram considerar que decifrar um código de barras manualmente é uma tarefa bastante demorada, enquanto que os dispositivos que utilizam a leitura opto-eletrônica podem ler 41.000 números por segundo. O princípio básico do LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou seja, ampliação de luz por meio da emissão estimulada de radiações), foi discutido à partir de uma rápida referência a ressonância em cavidade óptica. O LASER pode ser de vários materiais: rubi, CO<sub>2</sub>, argônio, criptônio, vapor de metais, dentre outros. Ele é possível quando um átomo é excitado suficientemente com energia:

$$\Delta E = hf$$

onde  $h$  é a constante de Planck e  $f$  a frequência. Neste caso Elétrons no seu estado fundamental são lançados para a sua última camada de valência (seu estado excitado) deixando uma lacuna. Ao retornar a essa lacuna (não necessariamente o mesmo elétron) é emitido um fóton. Quando se obtém um número maior de átomos em estado excitado do que em estado fundamental (inversão de população), ocorre a amplificação da emissão espontânea de fótons (que ocorre naturalmente o tempo todo em função da incidência de energia sobre os átomos). Assim os átomos “vizinhos” passam a receber energia e a emitir fótons estimulados pelos primeiros, numa espécie de efeito cascata. Este efeito é possível quando se tem fótons emitidos por estímulo interagindo com os átomos, constantemente. Por isso esse efeito tem de ser reproduzido no interior de cavidades refletoras e alinhadas para que confine luz durante certo tempo para alimentar a emissão estimulada.

**Inventário do ajudante de cozinha:** Seu inventário contribuiu com noções tácitas sobre relações entre pressão, temperatura e tempo de cozimento numa panela de pressão. Participou da discussão, inclusive interagindo com outros participantes. Além disso, suscitou a problemática de hormônios utilizados na pecuária. No inventário deste estudante, a vaporização de líquidos e tensão superficial em processos de cozimento também foram temas recorrentes, apresentados, sob o formato de situações de trabalho.

**Conteúdos desenvolvidos:** referente à contribuição do inventário desse estudante, pôde ser discutido alguns aspectos físicos da panela de pressão. Nas panelas comuns a água ferve (ao nível do mar onde a pressão atmosférica é maior, conforme já havíamos discutido no primeiro momento) a 100°C. Quando colocamos água numa panela de pressão e fechamos a sua tampa e a colocamos no fogo, ela recebe energia que é transferida para a água que está em contato com as paredes da panela. Se considerarmos o ar confinado dentro da panela como um gás ideal, podemos escrever uma equação da lei dos gases ideais:

$$pV = nT$$

onde  $p$  é a pressão,  $V$  é o volume,  $n$  é uma constante dependente da massa de ar e  $T$  a temperatura. O sistema de unidades considerado foi sempre o SI. Assim temos que  $V$  é constante, caso contrário significa que a panela explodiu.  $n$  é constante, pois não há massa saindo ou entrando na panela até que ela atinja seu limite de pressão e comece a expelir vapor pela válvula. Porém,  $T$  está aumentando, como temos uma igualdade,  $p$  tem que aumentar, com

isso a água passa a ferver a temperaturas acima de 100°C. Geralmente esse valor é aumentado cerca de 20% numa panela de pressão que atinja 2 atm de pressão em seu interior, ou seja, consegue-se um cozimento mais rápido pois obtém-se temperaturas maiores do que é possível com panelas convencionais sujeitas apenas a pressão atmosférica (cerca de 1 atm, variando com a altitude). Os estudantes ainda fizeram considerações a respeito de situações em que tomaram conhecimento da explosão de panelas que estavam com suas válvulas obstruídas.

Para exemplificar a possibilidade de generalização, buscando níveis mais elevados no sistema de generalizações que caracteriza o conhecimento científico, mencionamos o modelo de Van Der Waals como um modelo que explica melhor o comportamento dos gases reais. Argumentamos que a equação dos gases ideais é válida dentro de determinadas condições e mesmo assim de forma aproximativa. Mas precisamente, a equação dos gases ideais não leva em conta a interação entre as moléculas constituintes dos gases. A equação de Van Der Waals leva em conta, pelo menos em primeira aproximação, o efeito da componente repulsiva na interação entre as moléculas, que é devida ao tamanho finito das moléculas, e a componente atrativa, devido a forças intermoleculares (provavelmente os estudantes estudaram essas forças na disciplina de Química).

Na prática isso significa que para  $T$  muito pequeno ou  $p$  muito grande a equação que melhor descreve os fenômenos é a equação de Van Der Waals que também não é exata, mas inclui parâmetros que permitem um nível mais elevado de generalização que a equação dos gases ideais não pode considerar.

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

onde  $P$  é a pressão,  $a$  e  $b$  são constantes de Van Der Waals da substância considerada,  $v$  é o volume de um mol do gás,  $R$  é a constante análoga a  $n$  na equação dos gases ideais e  $T$  a temperatura.

Ainda que quando as atividades profissionais são olhadas isoladamente possam parecer pobres em termos de conceitos de Física envolvidos, se comparadas com os conteúdos propriamente, a diversidade das atividades, se consideradas na sala de aula, como parte de um todo (a estrutura social do trabalho), potencializa e valoriza cada uma das contribuições de cada atividade de trabalho, se reconhecidas no coletivo, fornecendo conteúdos para a abstração em sala de aula, saídas das práticas dos estudantes e por isso induzindo ciclos de questionamentos, novas necessidades de compreensão e conhecimentos, um motivo para a aprendizagem baseado no interesse pelo conteúdo específico. Esta foi, de modo geral, uma percepção que tivemos.

## Conclusão

A intervenção analisada sugere que conexões entre conhecimentos de Física tipicamente propostos para desenvolvimento no Ensino Médio e conhecimentos cotidianos que os estudantes desenvolvem no desempenho de suas atividades de trabalho, possuem potencial para alimentar metodologias de Ensino de Física capazes de orientar o desenvolvimento conceitual desses estudantes para níveis mais elevados de generalização a partir da consideração de situações de trabalho como fornecedora de níveis conceituais já desenvolvidos pelos estudantes.

O inventário das atividades de trabalho se mostrou uma importante ferramenta para o planejamento de aulas de Física voltadas para a realidade do estudante trabalhador sem se limitar aos conceitos estritamente ligados às situações de trabalho, mas favorecendo o desenvolvimento de um sistema hierárquico de generalizações que se relacionam mutuamente, nos moldes da teoria de aprendizagem e desenvolvimento intelectual da Psicologia Histórico-Cultural. Portanto, o consideramos um instrumento metodológico que merece ser mais bem avaliado/explorado por professores e estudantes trabalhadores. Outro elemento metodológico que identificamos, como auxiliar, foi a comunhão de instrumentos e conceitos cotidianos entre as atividades de trabalho

dos estudantes, que tentamos examinar na tabela 1. Esta relação entre as atividades de trabalho parece ser favorável à organização de atividades didáticas que tenham como ponto de partida a atividade de trabalho dos estudantes, pois tornam os conceitos cotidianos, provenientes dessas atividades de trabalho, mais completos em seu conjunto ao se buscar correspondência com os temas da Física tipicamente proposta para o Ensino Médio.

A partir destes dois elementos metodológicos caracterizados por meio da intervenção, parece possível considerar os fragmentos de conhecimentos de Física presentes nas atividades de trabalhos dos estudantes como uma unidade para o desenvolvimento didático do Ensino de Física em particular, e de Ciências em geral, em situações de aprendizagem em que exista interesse em explorar os conceitos cotidianos que os estudantes trabalhadores são levados a considerar com seriedade, competência e criatividade todos os dias, enquanto trabalhadores, entendendo estes conceitos como ligados em maior ou menor grau à conceitos científicos relevantes.

Precisamos ressaltar que na intervenção, acabamos desenvolvendo uma miscelânea de conteúdos de Física suscitados a partir dos inventários e das discussões com os estudantes. Evidentemente, em termos práticos, isso não ajuda a organizar o desenvolvimento dos conteúdos de forma “programática”, mas o inventário das atividades profissionais dos estudantes de uma turma pode ser consultado ao longo do ano letivo bem como reconstruído, permitindo uma melhor organização do estabelecimento das relações entre conceitos cotidianos e científicos em função do planejamento dos professores. Cabe lembrar que é papel do professor fazer este reconhecimento de relações, buscar estas relações e utilizá-las para ampliar os motivos pessoais dos estudantes para o empenho nas atividades de estudo em geral, e para a aprendizagem em particular.

Por fim, precisamos ressaltar que este tipo de atividade em sala de aula não pode dar margem para que se confunda conhecimentos de Física ligados a situações de trabalho, com conhecimentos tácitos. Isso levaria a desqualificação do único local onde os indivíduos de origem trabalhadora têm tido acesso a algum tipo de conhecimento sistematizado, a escola pública. Por isso os conteúdos não podem ser secundarizados.

### Referências bibliográficas

ABRAMOVAY, M.; CASTRO, M. G. **Ensino Médio: múltiplas vozes**. Brasília: UNESCO, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretoria de Avaliação para Certificação de Competências (DACC). **Relatório final do ENEM 2003**. Brasília: 2004. Disponível em: <[www.inep.gov.br/download/enem/2004/relatorio\\_final\\_ENEM2003.pdf](http://www.inep.gov.br/download/enem/2004/relatorio_final_ENEM2003.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2006.

GARCIA, N. M. D. **Física escolar, Ciência e novas tecnologias de produção: o desafio da aproximação**. 2000. 276 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da USP – FEUSP, São Paulo, 2000.

RABONI, P. C. A. A Fabricação de um óculos: resgate das relações sociais, do uso e da produção de conhecimento no trabalho. In: NARDI, R. (Org.). **Pesquisas em ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 87-93.

RODRÍGUEZ, A.; HERRÁN, C.A. **Educação secundária no Brasil: chegou a hora**. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento/Grupo Banco Mundial. 2000.

VIGOTSKII, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na Idade Escolar. In: VIGOTSKII, L.S. et al. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 2. ed. São Paulo Ícone/Edusp, 1988. p. 103-117

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.