

**ELEMENTOS PARA UMA APROXIMAÇÃO ENTRE A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO E O  
COTIDIANO DE TRABALHO DE ESTUDANTES TRABALHADORES**  
(Elements for an approach to the Physics in high school and the daily of the student's job)

**Frederico Augusto Toti**<sup>1</sup> [toti@iris.ufscar.br]  
**Alice Helena Campos Pierson** [apierson@ufscar.br]  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Universidade Federal de São Carlos

**Resumo**

Partir de situações vivenciadas pelos estudantes é uma estratégia metodológica plausível tendo em vista um ensino mais significativo. Neste trabalho queremos argumentar em favor de uma Física do cotidiano amparada na perspectiva do estudante trabalhador, maioria no Ensino Médio brasileiro. Nosso objetivo foi localizar e analisar elementos do conhecimento de Física presentes nas atividades de trabalho dos estudantes. A análise destes elementos, a partir de um enfoque da Psicologia Histórico-Cultural, traz orientações para o trabalho pedagógico no Ensino de Física, visando um melhor aproveitamento das potencialidades dos estudantes trabalhadores no desenvolvimento de níveis conceituais mais complexos, ainda não alcançados por estes estudantes. Estes níveis de desenvolvimento são alcançados, segundo a abordagem da Psicologia Histórico-Cultural, na medida em que ocorrer uma convergência entre conceitos cotidianos e conceitos científicos nos processos de ensino e aprendizagem. Concluímos que três condições são necessárias para que a relação vygotskyana entre conhecimentos científicos e conhecimentos cotidianos possa se realizar no contexto do Ensino de Física para estudantes trabalhadores.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; estudantes trabalhadores; Psicologia Histórico-Cultural.

**Abstract**

From situations experienced by students is a plausible methodological strategy with a view to learning more meaningful. In this paper we argue for a physics of everyday life in perspective supported student worker, mostly in secondary education in Brazil. Our goal was to locate and analyze elements of knowledge of physics present in the work activities of students. The analysis of these elements, from a focus of the Historical-Cultural Psychology, provides guidelines for educational work in Physics Education, aiming to better use the potential of working students in developing conceptual levels more complex, not yet attained by these students. These levels of development are achieved, according to the approach of Historical-Cultural Psychology, in that there is a convergence of everyday beliefs and scientific concepts in the teaching and learning. We concluded that three conditions are necessary for the relationship between Vygotskian scientific knowledge and daily life can be realized in the context of Physical Education for working students.

**Keywords:** Physics Teaching; working students; Historical-Cultural Psychology

**1. Introdução e justificativas**

No Ensino de Física, a ideia de considerar o cotidiano motivou diversos trabalhos. Pierson (1997) identifica e analisa distintas ideias de cotidiano desenvolvidas por uma ampla variedade de grupos de pesquisa em Ensino de Física brasileiros. Ao investigar fontes como as atas de diversas edições dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF), além de dissertações, teses e propostas didáticas, a autora identificou, naquela ocasião, duas principais e diferentes perspectivas quanto à utilização do cotidiano no Ensino de Física que nos parecem ainda bastante atuais e

---

<sup>1</sup> Com o apoio da Fundação de Amparo À Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

capazes de explicitar algumas compreensões importantes para nossa análise atual. Como elementos comuns a ambas as perspectivas, a autora destaca a preocupação presente nos trabalhos analisados com a relevância que o conteúdo deve ter para o estudante e o reconhecimento do cotidiano do aluno como o espaço privilegiado para a construção de significados dos conhecimentos e compreensões desenvolvidas a partir das suas experiências e vivências e, por isso, o espaço da construção de sentidos. As diferenças aparecem no processo de caracterizar o que cada uma das perspectivas persegue na busca desse sentido, nas expectativas colocadas no Ensino de Física.

A seguir reproduziremos sucintamente características de cada uma dessas duas perspectivas identificadas por Pierson (1997), buscando explicitar nossa visão do cotidiano no Ensino de Física a partir de grupos de pesquisa brasileiros, que consideramos mais próximos de uma noção vygotskyana de cotidiano, enquadramento teórico que consideramos útil para considerações acerca da natureza e da conexão entre conhecimentos científicos e cotidianos. Assim, nas seções 1.1 e 1.2, examinaremos duas “correntes” sobre cotidiano e Ensino de Física, segundo Pierson (1997):

### *1.1 Visão epistemológica e busca de sentido com conteúdo cognitivo para o Ensino de Física.*

Nessa perspectiva foi possível localizar um conjunto de pesquisas voltadas para o estudo das concepções espontâneas e dos processos de mudança conceitual, que têm como foco principal de investigação os processos de ensino e de aprendizagem. Ao reconhecerem que a aprendizagem se dá na medida em que a estrutura cognitiva evolui a partir da multiplicidade de ações do sujeito com o objeto de aprendizagem, o cotidiano aparece como o espaço privilegiado de construção de concepções ancoradas no senso-comum. O cotidiano é percebido como uma possibilidade de se chegar às chamadas concepções espontâneas ou conhecimentos prévios dos estudantes.

O objetivo de capacitar o estudante para compreender o mundo surge como consequência natural da apropriação de estruturas cognitivas mais evoluídas, não havendo necessidade de interferência ou orientação de conteúdo e método para esse fim, especificamente. O processo epistemológico é priorizado, nessa perspectiva, embora outros critérios filosóficos, psicológicos, políticos não sejam negados. O individual é priorizado na busca de sentido. O que e como ensinar é delineado pelo que faz sentido à estrutura cognitiva do estudante, o que é passível de ser assimilado a partir da estrutura lógica de seu instrumental cognitivo. Ou seja, uma base teórica radicada prioritariamente na epistemologia genética de Piaget.

Ainda de acordo com esta “visão epistemológica com busca de sentido com conteúdo cognitivo”, Pierson (1997) destaca que o cotidiano aparece como organizador de um referencial comum para retirada do “material” necessário à construção das estruturas de pensamento desejáveis no Ensino de Física. Por fim, nessa visão o processo de ensino de aprendizagem é significativo quando as noções espontâneas ou conhecimentos prévios e os conceitos científicos são confrontados em estruturas explicativas que se mostram insatisfatórias ao estudante.

Assim, esta concepção de cotidiano e Ensino de Física é pouco compatível com uma noção vygotskyana, que admite outro significado para o desenvolvimento intelectual, no qual a estrutura cognitiva mais complexa e capaz de estabelecer funções intelectuais superiores como as generalizações hierárquicas próprias do conhecimento científico, são desenvolvidas na medida em que ocorre a aprendizagem escolar. Em particular, para Vygotsky (2005) e Davidov (1985), o desenvolvimento intelectual com funções mais complexas ocorre na medida em que conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos se conectarem, via aprendizagem escolar, mediada pelo trabalho pedagógico especializado.

*1.2 Visão social e busca de sentido com conteúdo ético para o Ensino de Física.*

Segundo Pierson (1997), nesta perspectiva para o cotidiano o foco principal está no significado que o Ensino de Física deve ter num processo educacional mais amplo. Foram incluídas, nessa perspectiva, pesquisas que têm o cotidiano como elemento fundamental das análises e propostas que desenvolvem, investigando abordagens temáticas com particular destaque para as pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Ciências (GEPECISC/UFSC) e uma “Física do Cotidiano” difundida no Brasil, por exemplo, através dos estudos e propostas desenvolvidas pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF/USP). Para estes grupos, caracterizar o cotidiano é algo essencial, numa perspectiva que transcende uma visão de senso-comum, de espaço rotineiro, mecânico, mas o reconhece como espaço onde o sujeito deve iniciar o seu processo de apropriação do mundo a sua volta, isso implica, para o sujeito, numa continuidade entre a cultura primeira e a cultura elaborada. O conhecimento de Física é pensado como parte importante da cultura, por direito pertencente ao estudante, por isso a organização dos conteúdos precisa fazer sentido ao estudante o que implica em não partir da organização da ciência a priori, mas de uma explicitação dessa organização como um objetivo a ser alcançado. Neste sentido, esta perspectiva de cotidiano corrobora com o que argumenta Davydov (1985) no âmbito da teoria de aprendizagem da Psicologia Histórico-Cultural. Para Davydov, o processo de ensino voltado para a formação de conceitos científicos deve ser destinado a promover a consciência da forma e da estrutura conceitual e, assim, permitir o acesso individual e o controle sobre a aquisição de conceitos científicos. Deve também promover a interação e o desenvolvimento de conceitos cotidianos com conceitos científicos.

Pierson (1997) conclui que para esta perspectiva de cotidiano no Ensino de Física, o indivíduo é considerado como parte de uma sociedade que no processo sócio-histórico constrói, acumula e distribui coletivamente, ainda que de maneira não equitativa, o conhecimento, objetos materiais decorrentes de sua aplicação, valores, crenças, concepções, preferências estéticas, etc. Grupos que aderem a esta perceptiva (visão social e busca de sentido com conteúdo ético para o Ensino de Física) propõem que se entre na sala de aula e interfira no processo de aprendizagem de modo a transformar o estudante e a sociedade que o incorpora. No processo de seleção do conhecimento a ser ensinado, encaram a ciência como uma cultura a ser compartilhada enquanto fornecedora de outras visões de mundo e formas de interpretações da realidade. Nas referências teóricas é dada destaque a contribuições de Paulo Freire (1975), para quem para se ensinar, é preciso partir de experiências e conhecimentos do educando, fazê-lo transcender de um conhecimento menos organizado, pré-crítico, a um conhecimento mais organizado e crítico, criando-se necessidades de novos conhecimentos e formas de sistematização. O reconhecimento de um universo tecnológico, presente no cotidiano, apresenta-se como esforço no sentido da desalienação do próprio espaço cotidiano para o qual se espera que o estudante volte um olhar reflexivo e crítico. Neste sentido é que Pierson (1997) considera esta perspectiva engajada na busca de sentido para o Ensino de Física com um conteúdo ético. Neste sentido, mais uma vez, esta perspectiva se aproxima da noção vygotskyana de desenvolvimento intelectual, desta vez pela noção de “transcendência” de um saber menos organizado, pré-crítico, para um saber mais elaborado e crítico.

Do conjunto de trabalhos e propostas analisados por Pierson (1997), aqueles desenvolvidos pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo são importantes exemplos de uma perspectiva de cotidiano que se coaduna com a última caracterização acima, ou seja, uma visão social do Ensino de Física e busca de sentido com conteúdo ético para este ensino. Sobre o GREF, Pierson (1997, p.220) observa que:

O partir do real, do vivido, implicou para esse grupo trabalhar, por exemplo, com aparelhos que não são objetos da Física, mesmo quando construídos a partir do conhecimento que ela propicia. Aparelhos que foram incorporados ao dia-a-dia do estudante pelas funções que desempenham, escolhidos entre seus pares por preferências estéticas, por condicionantes

econômicos, enfim por características que se para a Física que se quer discutir são irrelevantes, para o aluno com o qual se quer dialogar são definidores do próprio objeto.

Assim, o cotidiano real dos estudantes pode ser um ponto de partida, uma “origem” ou primeira referência para a problematização, para os significados sociais e também para o sentido pessoal que pode ser atribuído ao conhecimento de Física.

Ao considerar esta última perspectiva de cotidiano no Ensino de Física, compatível com uma concepção de cotidiano em Vygotsky (2005) e Vigotskii (1988)<sup>2</sup>, é importante destacar que esse cotidiano é o cotidiano real e não fruto de representações mais ou menos fiáveis a partir da percepção daqueles que pensam o Ensino de Física. Por isso é um cotidiano que precisa ser investigado, observado, inventariado continuamente para que possa ser conjugado com os conteúdos, ou de modo geral, com o conhecimento científico de forma que o estudante o legitime, o reconheça, sob pena de se este processo não se consolidar, não haver envolvimento suficiente do estudante no processo de aprendizagem.

Roth (2002) em um estudo empírico sobre o uso de conhecimentos científicos por estudantes de uma comunidade em situações reais, ao utilizar a abordagem da Psicologia Histórico-Cultural, enfatiza a necessidade de se buscar elementos da realidade vivencial dos estudantes e suas especificidades, como uma condição para a validação do conhecimento que se deseja ver os estudantes por em ação. Isso significa buscar uma relação legítima entre conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos que passa a ser mediada pela aprendizagem escolar (Vygostky 2005).

Evidentemente o cotidiano de diferentes sujeitos, embora muitas vezes possam compartilhar elementos, não são os mesmos, ou seja, numa sala de aula podemos encontrar estudantes que trazem um espectro de interações e percepções dos seus cotidianos individuais diferentes, embora muitos elementos figurem também no cotidiano de seus colegas. Focalizando elementos para o Ensino de Física é possível percebermos um horizonte de possíveis cotidianos que podem complementar-se e enriquecer ambos os espaços, o escolar e o cotidiano, numa possível troca que reúna elementos para potencializar o alcance da Física tratada na escola nos outros espaços não escolares, mas também neste. Neste sentido Pierson (1997, p. 213) destaca que:

A importância do cotidiano no ensino dá-se na medida em que este é reconhecido como espaço efetivo de troca. Espaço onde o indivíduo ao formar sua visão de mundo, forma-se, criando neste processo maneiras de pensar e formas de agir que constituirão seu instrumental inicial de apropriação cognitiva de ambiente imediato e possibilidade de suplantação deste.

Em se tratando de propostas curriculares, existe uma variedade de livros de Ciências (Ciências, Física, Química, Biologia) que buscam uma abordagem pautada no cotidiano dos estudantes. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Física por diversas vezes faz menção ao cotidiano dos estudantes, “o cotidiano contemporâneo”, nas palavras do documento. A Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, no início de 2008, fez chegar às escolas estaduais uma proposta curricular, denominada “São Paulo faz escola”. Na revista destinada ao uso de professores de Física encontramos orientações para a aplicação de atividades, grades de avaliação, resolução de atividades, etc. e, da carta ao professor de Física, retiramos um excerto que, embora não mencione a palavra cotidiano, apresenta elementos favoráveis a um Ensino de Física que o leva em conta.

Os temas e os respectivos recortes foram escolhidos de forma a tratar de questões da realidade contemporânea e, portanto, do mundo do aluno. O contexto da Física que sustenta o desenvolvimento das atividades pressupõe situações em que os alunos se reconheçam, sendo-lhes, por conseguinte, significativas, o que potencializa o estabelecimento de diálogo entre professor e aluno (SEESP, 2008, p.16).

---

<sup>2 2</sup> Assumimos a grafia Vygotsky, porém, algumas traduções apresentam diferenciações quanto à grafia como Vigotskii ou Vigotski. Quando forem feitas citações utilizaremos as grafias das referências bibliográficas em cada caso.

Sobre este excerto extraído da proposta curricular, cabe lembrar que o “mundo do aluno” não necessariamente é equivalente a “realidade contemporânea” que a proposta contempla, o que também não exclui a possibilidade do conhecimento ser significativo para os estudantes, mas num primeiro momento, reduz drasticamente a chance de sê-lo. Por isso defendemos a importância de constantemente se buscar conhecer o cotidiano real dos estudantes e levá-lo em conta no planejamento das atividades de ensino, em particular, no Ensino de Ciências Naturais.

Neste contexto, o cotidiano de trabalho dos estudantes trabalhadores ganha especial sentido por envolver aspectos tais como: i) Os espaços de trabalho permitem uma interação de qualidade entre os estudantes e situações férteis para uma abordagem científica, mais sistematizada. Pois, o trabalho é algo que lhes exige certos compromissos e resultados; ii) Muitos estudantes trabalhadores têm interesse especial por sua atividade de trabalho, quer no nível de elaboração em que atuam, quer em relação a níveis de elaboração mais avançados; iii) Os estudantes trabalhadores representam uma parcela bastante significativa dos estudantes brasileiros que cursam o Ensino Médio<sup>3</sup>; iv) Os conteúdos escolares da Física poderão se beneficiar de experiências em condições reais, menos idealizadas em relação ao que, em geral, é apresentado em sala de aula.

Nas pesquisas das relações entre educação e trabalho, autores como Miguel Arroyo (1989) argumentam em favor de se procurar saber, a partir da análise empírica, o que forma o trabalhador para além da Educação Escolar recebida. Outros como Duarte (2003), reconhecem que pesquisar o mundo do trabalho implica em certa apropriação por parte do pesquisador de um conhecimento elaborado pelos trabalhadores.

Embora a relação entre trabalho e educação compreenda uma linha de investigação tradicional no campo da educação, não tem sido objeto de consideração na área de Ensino de Ciências. No Ensino de Ciências esta é uma relação pouco explorada. O trabalho impõe aos estudantes situações objetivas difíceis e ao mesmo tempo férteis no que se diz respeito ao conhecimento científico. A literatura no campo educacional – educação e trabalho - é ampla e geral, ficando uma lacuna quanto às relações pedagógicas específicas, comprometidas com um conhecimento específico como a Física.

Não parece justificável que relações entre educação e trabalho não interessem ao Ensino de Ciências, pois conforme justificamos são espaços tradicionalmente investigados pelo campo educacional por ser uma interface educativa, ainda que não escolar, e por vezes, esta interface é formalizada na chamada Educação Profissional. Os espaços de trabalho são permeáveis à Ciência e à Tecnologia, espaços onde muitas vezes o imprevisto e a criatividade são desejáveis e requeridos dos trabalhadores e estes desenvolvem aprendizagens, ainda que essas não possam ser sistematizadas num corpo de conhecimentos científicos e articulados com a esfera social, como se preconiza como objetivo para o Ensino Médio. Este cenário não parece desmerecedor de atenção especial por parte do Ensino de Ciências, em particular do Ensino de Física, uma Ciência que mantém uma relação intensa com a Tecnologia e a solução de problemas de relevância tanto científica como social.

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 do trabalho. São eles, Raboni

---

<sup>3</sup>Segundo o relatório do Exame Nacional de Ensino Médio, ano de referência 2007 (ENEM/2007), cerca de 50% dos participantes do exame trabalha ou já trabalhou recebendo algum salário ou rendimento (Brasil, 2004, p. 72) e cerca de 60% dos participantes concluiu o Ensino Médio no turno noturno (Brasil, 2004, p. 65). O relatório do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), que levou em conta dados nacionais dos anos de 1996 a 1999, afirma que do total de estudantes matriculados no Ensino Médio brasileiro, mais de 60% freqüentam a escola noturna, sendo que a maioria trabalha em regime de tempo integral, enquanto cerca de 23% dos estudantes trabalhadores do Ensino Médio encontram-se no turno diurno (Rodríguez e Herrán, 2000).

(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 industrial, porém, como veremos, a maioria dos estudantes trabalhadores hoje 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 detectar a conexão de fragmentos do conhecimento de Física, presentes nas atividades de trabalho dos estudantes, com os conteúdos de Física, sejam aqueles tipicamente propostos para desenvolvimento no Ensino Médio, sejam conteúdos não indicados para este nível de ensino. Especificamente, buscamos obter elementos que contribuam com um desenvolvimento metodológico do Ensino de Física, orientando-o para níveis de desenvolvimento conceitual ainda não alcançado por estes estudantes, níveis cujo desenvolvimento pode ser potencializado por elaborações dos estudantes a respeito do seu fazer profissional, favorecidas por situações de trabalho e pela atividade laboral em espaços de trabalho.

Para alcance deste objetivo, numa compreensão dialética da interação entre as categorias principais (trabalho, estudantes trabalhadores, situações de trabalho e Ensino de Física no Ensino Médio), buscamos apreender da relação entre conhecimentos presentes nas atividades de trabalho dos estudantes e aqueles típicos da Física no Ensino Médio, quais as condições e situações objetivas (vividas pelos estudantes) que podem potencializar o desenvolvimento de conteúdos de Física permitindo generalizações a partir de situações de trabalho. Esta metodologia está amparada no referencial da Psicologia Histórico-Cultural.

## **2. Referencial teórico-metodológico**

Diversas contradições se apresentam ao considerarmos o trabalho no atual contexto econômico fortemente marcado pelo desenvolvimento dos meios de produção por meio de constante incorporação de Ciência e Tecnologia. Uma contradição, de especial interesse para este trabalho, é a relação entre qualificação do trabalhador para atuar no mercado globalizado e aprendizagem/acesso dos/aos conhecimentos científicos e tecnológicos construídos e desenvolvidos ao longo do processo sócio-histórico. Trata-se da forma e do conteúdo do desenvolvimento do trabalhador no mundo contemporâneo, que poderão vir pautados por exigências imediatistas do livre mercado, limitando seu processo de aprendizagem a recortes demasiadamente simplificados da Ciência e da Tecnologia, tornando-os ininteligíveis. Contraditoriamente espera-se da escola democratizada uma formação compatível com as demandas de uma sociedade que exige o desenvolvimento de capacidades ligadas à criatividade, a capacidade de trabalho em equipe, capacidade de mobilizar saberes a fim de se obter ações mais eficazes, senso de responsabilidade, dentre outras. Assim o cotidiano do estudante trabalhador desenrola-se entre dois polos de uma contradição que desfavorece, ou oculta, a conscientização dos processos sócio-históricos e suas articulações. No âmbito desse movimento nos interessam particularmente os processos em que figuram a Ciência e a Tecnologia. Deste modo, julgamos relevante buscar formas de agregar ao planejamento do Ensino de Física, maneiras de desenvolver a consciência para se alcançar uma aprendizagem capaz de formar pessoas mais críticas.

Neste sentido, a perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural propõe uma compreensão da relação entre cotidiano e conceitos científicos capaz de orientar a construção metodológica para um ensino que articule “conceitos cotidianos” e científicos de modo a favorecer a aquisição dos conceitos científicos em crescentes níveis de complexidade rumo ao desenvolvimento de estruturas cognitivas favoráveis à construção de conceitos. Essa perspectiva vem dimensionar a questão cognitiva no contexto histórico-social, no qual a educação escolar recebe importante espaço. A idéia de cotidiano defendida é compatível com aquela presente na “visão social e busca de sentido com conteúdo ético para o Ensino de Física” que já apresentamos, citando Pierson (1997). Acreditamos que isso ocorra porque esta “visão” tem uma preocupação central em inserir o dimensionamento lógico-formal do conhecimento no processo sócio-histórico no qual se desenvolveu.

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 favorece o alcance de sucessivos estágios superiores de desenvolvimento mental permitindo a formação de conceitos novos (Vygotsky, 1988). Vygotsky (2005) 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, o desenvolvimento intelectual depende do nível de capacidade de compreensão de conceitos.

Nas pesquisas que desenvolveu junto com seus colaboradores, os psicólogos soviéticos distinguiram dois tipos de conceitos com que lidam indivíduos em idade escolar. Os “conceitos cotidianos”, entendidos como aqueles radicados na reflexão do indivíduo sobre sua experiência diária e outro tipo de conceito radicado na atividade educacional especializada e que se apresenta aos indivíduos na forma de conceitos científicos, dentro de um sistema de generalizações hierárquico, próprio do conhecimento científico.

Na perspectiva defendida por Vygotsky o desenvolvimento depende do nível de compreensão dos 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. 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 a 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). É importante destacar que Vygotsky distingue duas componentes para o “significado” dos produtos sociais: o significado propriamente dito, referente ao sistema de relações objetivas, construído e compartilhado no âmbito social (componente relativamente estável) e sentido como componente individual, atribuído pelo indivíduo dentro de suas condições objetivas, particulares.

Níveis de generalidade variam segundo os diferentes níveis de desenvolvimento conceitual, indo das formações sincréticas aos conceitos científicos propriamente ditos (Vygotsky, 2005). A medida da generalidade indica a equivalência entre conceitos<sup>4</sup> e as operações intelectuais que cada conceito possibilita. Deste modo, se conceitos são generalizações, a relação entre conceitos é, portanto, uma “relação de generalidade”. Os conceitos atingem o nível da consciência quando:

---

<sup>4</sup> Quando o indivíduo é capaz de elaborar um conceito de formas diferentes a partir de uma estrutura mais geral.

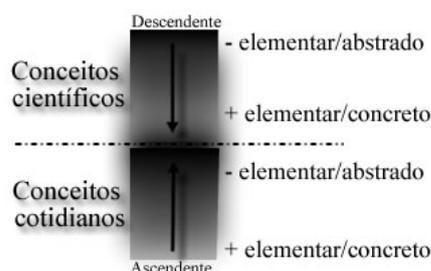
A capacidade de passar, quando assim desejar, de um sistema para outro (por exemplo, ‘traduzir’ do sistema decimal para um outro sistema cuja base é o número cinco) é o critério desse novo nível de consciência, já que indica a existência de um conceito geral de um sistema de numeração (Vygotsky, 2005, p.143).

Sinteticamente, o que o estudante trabalhador consegue dominar/elaborar na atividade produtiva, em termos de conceitos de Física estão corretos, embora ele não reconheça isso, a não ser como algo que funciona ou não funciona, se atende ou não a necessidades e exigências práticas. Por outro lado, as ideias da Física consideradas na escola objetivam o desenvolvimento da compreensão de conceitos que possam ser aplicados na construção de modelos (teóricos), que surge para o estudante como um resultado positivo de um estudo demorado e árduo (Vigotski, 2005, p.137). Assim, utilizando resultados da Psicologia Histórico-Cultural, podemos concluir que o que é apurado preponderantemente nos processos cognitivos desencadeados nas situações de trabalho não é um resultado preponderante nos processos cognitivos desencadeados na aprendizagem escolar, ou seja, são processos que se manifestam segundo diferentes estruturas conceituais, mas que estão intimamente relacionadas.

Os conceitos científicos são construídos, desde o início do ensino escolar, por meio de definições, em última análise, verbais. Portanto inicialmente já assumem forma e nível que só posteriormente os conceitos cotidianos alcançam. Em contrapartida, esses primeiros são constituídos num nível operacional e só são trazidos à consciência (verbalizado) “tardamente” se um conceito científico relacionado o levar a este nível (o da consciência).

Conceitos científicos e cotidianos se desenvolvem em direções contrárias, encontrando-se inicialmente afastados (figura 1) e é a sua evolução faz com que converjam. Isto é fundamental na teoria de aprendizagem da Psicologia Histórico-Social. Esta “dinâmica” fundamentada pelo programa de pesquisas da Psicologia soviética está representada a seguir.

[...] o desenvolvimento dos conceitos cotidianos é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente para um nível mais elementar e concreto. Isso decorre das diferentes formas pelas quais os dois tipos de conceitos surgem. Pode-se remontar a origem de um conceito cotidiano a um confronto com a situação concreta, ao passo que um conceito científico envolve, desde o início, uma atitude ‘mediada’ em relação a seu objeto (Vygotsky, s/d p. 258).



**Figura 1** – Representação do desenvolvimento de conceitos científicos e cotidianos, segundo Vygotsky (2005). Os conceitos cotidianos, ascendentes do mais elementar/concreto para o menos elementar/abstrato. Os conceitos científicos descendentes do menos elementar/abstrato para o mais elementar/concreto. Ocorre uma convergência no centro.

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 o acesso aos conhecimentos científicos mais significativos acumulados ao longo do desenvolvimento sócio-histórico da humanidade.

Para a escola soviética de Psicologia, a apropriação cultural, na qual se inclui evidentemente a Ciência, não é inerente a qualquer interação social. Para que a apropriação de uma cultura ocorra, segundo Vygotsky (2005), faz-se necessária uma interação orientada para esta finalidade específica, ou seja, depende de uma interação pensada e desenvolvida especificamente para a finalidade de apropriação cultural. Neste sentido a relação com o conhecimento, do ponto de vista didático e metodológico, pode ser interpretada como específica para cada campo de conhecimento, ou seja, cada área de conhecimento tem suas especificidades que por sua vez desempenham um papel importante no desenvolvimento conceitual geral, produzindo uma vasta rede de referências que os indivíduos constroem ao longo da vida.

## 2.1 Procedimentos metodológicos

Ir a campo nos pareceu fundamental, pois a pesquisa de natureza empírica permite “vistoriar” o modo de vida que é dinâmico e determina ou influencia o saber e fazer dos sujeitos históricos. Com o compromisso de considerar o estudante trabalhador em suas condições objetivas de trabalho e aprendizagem, explicitados nos objetivos deste trabalho, foram construídos e empregados três instrumentos de coletas de dados, em três fases diferentes e sequenciais da pesquisa, sempre após análises parciais da fase anterior. Em todos os casos, cada participante contribuiu apenas em uma das fases.

*2.1.1 Questionários* - Inicialmente, julgamos importante levantar informações sobre os estudantes trabalhadores, a partir de informações de um conjunto mais representativo, do ponto de vista estatístico. Foram dois os objetivos da aplicação do questionário: i) caracterizar as atividades de trabalho dos estudantes do Ensino Médio, obtendo uma distribuição dos estudantes em função das suas atividades de trabalho; ii) a partir dessa distribuição e da descrição da atividade de trabalho, inferir temas da Física que estes estudantes poderiam ter mais contato.

Foram aplicados 500 questionários, retornando 434, distribuídos em 80% das escolas de Ensino Médio noturno de uma cidade do interior de São Paulo<sup>5</sup> que contam com um total de aproximadamente 2.360 estudantes nas diversas modalidades do Ensino Médio oferecidas no turno noturno. Os questionários foram aplicados em escolas de todas as regiões urbanas da cidade, sendo as turmas escolhidas aleatoriamente pelo funcionário que nos apresentava aos estudantes. O questionário foi composto por quatro perguntas simples que indagavam sobre as duas últimas ocupações dos estudantes, tempo de permanência em cada uma, a função desempenhada e ainda foi pedida uma descrição, mais detalhada possível, das atividades de trabalho desempenhadas pelos estudantes.

*2.1.2 Entrevistas* - As entrevistas tiveram por objetivo obter informações sobre o que relatam estudantes trabalhadores sobre a elaboração do seu saber profissional e sobre suas expectativas em relação ao saber escolar, em especial as relações que idealizam entre saber escolar e expectativas profissionais. Essa análise não procederemos neste trabalho, por se tratar de outros objetivos de pesquisa, que embora relacionados com os desta, requerem considerações especiais. Porém retiramos também das entrevistas elementos que contribuirão com a fundamentação dos resultados. Foram entrevistados quatro estudantes, com idade entre 17 e 24 anos e com tempo de serviço na atividade considerada entre 1 ano e 4 meses e 7 anos, os entrevistados foram convidados para participar das entrevistas nas salas de aulas de uma escola da região central da cidade, que atende estudantes de diversas regiões.

---

<sup>5</sup> A escolha da cidade pautou-se em três convenientes considerações: i) Perfil socioeconômico comum entre cidades de médio porte do interior paulista; ii) Influência de indústrias de base tecnológica e aeronáutica na busca por escolaridade; iii) melhor conhecimento das regiões e escolas da cidade, o que contribuiu com uma coleta de dados mais homogênea.

*2.1.3 Visitas a espaços de trabalho* - O resultado parcial dos questionários e das entrevistas sugeriram que visitas a espaços de trabalho de estudantes trabalhadores seria uma forma de buscar apreender elementos reais e de forma direta, pelo pesquisador, e não apenas mediadas pelos sujeitos fora de seus espaços de trabalho, como ocorreu nas entrevistas e nos questionários. Assim o objetivo das visitas aos espaços de trabalho foi estabelecer algumas conexões entre a Física escolar e o conhecimento produzido pelos estudantes trabalhadores no desenvolvimento de suas atividades profissionais, por meio do levantamento de saberes teóricos e práticos, que foram observados ou relatados, mesmo que não reconhecidos como tais nos espaços de trabalho. Deste modo, buscamos trazer para a análise elementos a partir do cotidiano de trabalho real dos estudantes.

### **3. Uma aproximação entre a Física no Ensino Médio e o cotidiano de trabalho dos estudantes - análises**

As informações obtidas com o questionário indicaram que 71 estudantes (16,4 % do total) nunca trabalharam; 305 estudantes (70,3 % do total) trabalham, ou já trabalharam. Nossos dados permitiram chegar a resultados que confirmam a existência de conhecimentos de Física envolvidos no desenvolvimento das atividades de trabalho que podem ser relevantes para o alcance desses objetivos educacionais, o que pretendemos demonstrar com as análises a seguir. Conhecimentos que permitem constantes transformações dos meios de produção, ainda que em muitos casos se exclua o trabalhador dos benefícios desta transformação. Conhecimentos passíveis de serem considerados enquanto experiências para a construção e apropriação de conhecimentos científicos pelos estudantes trabalhadores, considerando a mediação da escola. Na tabela 1, a seguir, apresentamos respectivamente: os agrupamentos profissionais, percentual de respondentes, atividades de trabalho obtidas com a aplicação do questionário e assuntos de física mais citados nos questionários

Cabe lembrar que há um caráter subjetivo nos agrupamentos profissionais que organizamos, uma vez que foi feita baseada em nossos conhecimentos sobre os setores produtivos e de serviços. Para reduzir esta imprecisão, utilizamos como referência a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), disponível no site do Ministério do Trabalho e Emprego.

Pensando em aulas de Física no Ensino Médio, é importante lembrar que ao considerarmos os conceitos cotidianos ou científicos provenientes das atividades de trabalho dos estudantes é preciso não perder de vista os objetivos do Ensino Médio ligados a uma formação geral que prepare o cidadão para participação ampla na sociedade. Isso não nos permite uma abordagem técnica desses temas, no sentido de ligá-los estrita e exclusivamente a determinadas profissões, mesmo porque isto, ao invés de trazer aos estudantes trabalhadores melhores chances de aprendizagem, pode limitar o estudo da Física a problemas técnicos, reduzindo o amplo campo conceitual e de atuação da Física.

#### *3.1 Como os estudantes trabalhadores descreveram suas atividades de trabalho?*

Conforme já dissemos, o questionário que visou o levantamento das atividades de trabalho dos estudantes contou com a seguinte solicitação:

Descreva da forma mais completa que puder as atividades que desenvolve no seu trabalho atual, ou caso não esteja trabalhando atualmente, as atividades desenvolvidas no seu emprego anterior.

I nvestigações em Ensino de Ciências – V15(3), pp. 527-552, 2010

**Tabela 1** –Agrupamentos profissionais, percentual de respondentes, atividades de trabalho obtidas com a aplicação do questionário e assuntos de física mais citados nos questionários.

<b>Agrupamento</b>	<b>Percentual de respondentes</b>	<b>Atividades de trabalho mencionadas no respectivo agrupamento</b>	<b>Assuntos mais citados nos questionários, referente à Física</b>
Comércio	26,0	Açougueiro; Balconista, Entregador; Frentista; Promotor de vendas; Repositor de produtos; Telemarketing.	Comércio - meios de comunicação de curta distância; instrumentos hidráulicos; instrumentos de corte; refrigeração (conservação de alimentos); elevação de cargas; leitura óptica (LASER); fases em líquidos (teste de misturas em combustíveis).
Serviços gerais	23,7	Ajudante geral; Encarregado de almoxarifado; Autônomo; Empacotador; Lavador de carros; Limpeza; Motorista; Office-boy; Porteiro; Segurança.	Serviços gerais - um repertório misto de atividades e processos semelhantes aos demais agrupamentos
Serviços domésticos	10,7	Babá; Cozinheira; Doméstica.	Serviços domésticos - processos de cozimento de alimentos; lavagem e secagem automatizada e manual de roupas e utensílios; refrigeração (conservação de alimentos)
Auxiliar de escritório	10,5	Auxiliar de escritório; Estagiário em banco; Estagiário em escritório; Recepcionista; Secretária; Técnico de informática.	Auxiliar de escritório – indeterminado
Linha produção Industrial	7,2	Costureira; Montador de móveis; Operador de equipamento de linha de produção industrial; Padeiro.	Linha de produção industrial - instrumentos de corte; processos de cozimentos industriais; ferramentas derivadas de máquinas simples, máquinas hidráulicas
Construção civil	4,1	Pedreiro; Pintor/Gesseiro; vidraceiro.	Construção civil - equilíbrio (estática/centros de massa); lixamento; transparência/ refração (vidros e plásticos); resistência/dureza de materiais; composição de cores; densidade; fases em líquidos; solubilidade; corrosão; aderência
Saúde e beleza	3,6	Acompanhante de idoso; Agente sanitário; Auxiliar de enfermagem; Cabeleireiro; Manicure.	Saúde e beleza - densidade; fases em líquidos; esterilização por elevação de temperatura; permeabilidade
Metalurgia	3,3	Soldador; Metalúrgico; Operador de corte e solda; Ferramenteiro; Ourives; Operador de extrusão.	Metalurgia - difusão de calor em materiais; capacidade térmica; anodo-catodo; descarga elétrica em gases/física de plasmas; propr./resistência de materiais; lixamento; aderência; rel. entre temperatura e cor (radiação térmica)
Eletricistas	3,0	Eletricista residencial e comercial; Técnico em eletrônica; Eletricista de automóveis; Técnico em segurança eletrônica.	Eletricista/manut.eletrônicos - equip. transmissores e receptores; componentes eletroeletrônicos; motores elétricos, transformadores ;indução eletromagnética; resistência, corrente e tensão;condutividade; efeito Joule; mat. piezoelétrico
Mecânica (automóveis)	2,2	Mecânico de automóveis.	Mecânica (automóveis) - ciclo termodinâmico de motores à combustão; potência e velocidade; equipamentos hidráulicos; fenômenos associados a atrito.
Serviços com torno	1,9	Torneiro mecânico; Chaveiro; Mecânico de manutenção industrial (torneiro).	Serviços com torno - relação entre força e pressão; fenômenos associados a atrito; teoria de erros; propr. materiais/dureza;
Rural	1,1	Manejo de lavouras; Produção de cana-de-açúcar; Tratorista.	Rural - instrumentos de corte; energia (fontes renováveis); proteção contra o sol e material pontiagudo
Outros	0,8	Auxiliar de tráfego; Iluminação e filmagem; Mecânico de usinagem (cana-de-açúcar).	Outros - energia - fontes renováveis (cana-de-açúcar); vazão; relação entre força e pressão; equipamentos hidráulicos; sombra/luz (potência luminosa); fluxo de veículos
Esportistas	0,6	Jogador de Futebol.	Esportista - condicionamento físico; biomecânica
Aposentados	0,6	Marceneiro; zelador.	Aposentado – indeterminado
Medição/Agrimensura	0,6	Técnico em agrimensura; Instrumentação de medição (Áreas).	Medição (áreas)/agrimensura - teoria de erros; lentes; instrumento optoeletrônicos de medição de distâncias

Excetuando os 71 questionários respondidos por estudantes que declararam nunca terem trabalhado e 1 invalidado, dos demais 363 questionários respondidos, 61 não deram resposta à última solicitação do questionário (aproximadamente 17% dos questionários respondidos por estudantes que trabalham ou já trabalharam). Os demais 302 questionários permitiram uma classificação das respostas à última solicitação, em linhas gerais, de três tipos, a que chamamos: descrições breves, descrições detalhadas e descrições conjunturais. As descrições breves foram muito sucintas não expressando um interesse em detalhar a sua rotina de trabalho. As detalhadas forneceram pelo menos um elemento que permitiu caracterizar melhor a atividade de trabalho, já as conjunturais se reportaram às condições gerais de trabalho que aparentemente afligem os estudantes.

**Tabela 2** – Classificação das respostas ao item do questionário que solicitou uma descrição da atividade de trabalho.

Descrições breves	Descrições detalhadas	Descrições conjunturais	Abstenções	Total
241	49	12	61	363

O elevado número de descrições breves e de abstenção à solicitação da descrição da atividade de trabalho não pode ser justificado pela falta de tempo para redigir, ou falta de explicação dos objetivos da pesquisa ou detalhamento da solicitação. Aplicamos pessoalmente os questionários, explicando os objetivos da pesquisa, garantindo o sigilo das informações e fornecendo explicações adicionais. Tentamos justificar estes resultados com duas hipóteses: i) o nível de envolvimento com as atividades de trabalho e o sentido atribuído a elas obviamente varia de indivíduo para indivíduo. Assim, aqueles estudantes trabalhadores que têm um maior envolvimento com suas atividades de trabalho e atribuem a elas um sentido mais significativo e coerente com o significado social da atividade de trabalho que desempenham, tendem a fornecer uma descrição mais detalhada do que fazem nesta atividade. ii) os estudantes que não reconheceram a importância da pesquisa certamente não se empenharam em contribuir com ela, atendendo a solicitação e respondendo as perguntas sem o envolvimento necessário, ou seja, como um gesto apenas formal. A seguir reproduzimos alguns excertos mediante a classificação realizada.

#### Exemplo de descrições breves

- a) Trabalho normalmente fazendo móveis para avião como armários, divisórias, móveis do banheiro e outros (Marceneiro – 3º ano)
- b) Atendo telefone e desmonto os aparelhos eletrônicos (técnico em eletrônica – 2º ano).

#### Exemplo de descrições detalhadas

- a) Lixo a parede com lixas de vários números, dependendo do serviço, aplico massa, daí lixo de novo, mais fino, preparo a tinta, faço a mistura se precisar e aplico, uma, duas, três mãos dependendo do caso. (pintor/construção civil – 2º ano).
- b) Meu serviço é muito cheio de detalhes, primeiro preparo o material. Limpo as partes que vão ser soldadas, lixo, retiro tudo que possa comprometer a qualidade da soldagem. Daí preparo o maçarico, o material que vai fundir, o eletrodo e controlo o tempo de soldagem para ficar o mais uniforme que der. Tenho que cuidar do material de segurança, pois a claridade é muita e pode dar problema na vista. E o material esquenta muito. O arco tem temperaturas muito altas. (Soldador – 2º ano).

#### Exemplo de descrição conjuntural

- a) Nas áreas de trabalho de hoje não existe mais trabalho e sim exploradores. Trabalho porque gosto de trabalhar, mas não gosto nada da maneira que somos tratados (Babá/doméstica – 2ª série).

É possível notar o quanto as descrições detalhadas podem ser úteis para o planejamento e desenvolvimento de atividades de Ensino de Física que levem em conta as atividades de trabalho dos estudantes. Em alguns casos, inferimos elementos a partir de referências indiretas, por exemplo, um trabalhador rural descreveu como corta a cana e como ela é encaminhada para a indústria de álcool e açúcar. Com isso inferimos que um tema de Física que pode ser considerado presente no seu contexto de trabalho é a produção de energia proveniente de fontes renováveis, em particular, o etanol de cana-de-açúcar.

Nesta análise, como contamos com no mínimo um detalhe da atividade dos estudantes, foi possível incluir alguns temas mais específicos da Física de forma mais fidedigna às conexões com as atividades de trabalho descritas.

Na organização das situações de trabalho possíveis de serem relacionadas com conhecimentos de Física a partir das descrições das atividades de trabalho dos relatos sobre as atividades presente na tabela 1, destacamos dois pontos. i) há comunhão de temas entre as atividades de trabalho, embora haja uma preponderância maior de temas em algumas delas. Isso significa que consideramos os temas relacionados à Física mais evidentes em cada atividade de trabalho, evidenciados a partir da análise das descrições. Estes temas podem ser comuns a outras atividades ou situações de trabalho uma vez que há comunhão de temas entre as atividades de trabalho consideradas, embora as relações variem qualitativamente. ii) há diferentes níveis de desempenho da atividade de trabalho, dependendo da formação/experiência específica do estudante bem como dos instrumentos utilizados no trabalho, ou seja, as relações entre as atividades ou situações de trabalho com temas da Física depende das condições objetivas em que o trabalho é desempenhado. Isso faz aumentar ou diminuir a proximidade entre conceitos cotidianos do trabalho e os conceitos científicos e precisa ser considerado no planejamento de situações de aprendizagem escolar que levem em conta elementos de situações de trabalho para o desenvolvimento de conteúdos científicos, ao se priorizar relações de generalidade (Vigotskii, 2005).

Um aspecto que merece ser comentado é quanto à comunhão de conceitos e instrumentos entre várias atividades de trabalho. Há um vasto campo conceitual da Física que perpassa várias atividades de trabalho. As atividades de ensino podem ser organizadas a partir, ou pelo menos levando em conta, esse campo conceitual cotidiano comum que o estudante, enquanto trabalhador, em geral já dispõe e que precisa considerar com seriedade todos os dias na sua atividade de trabalho, mas sem o nível de conceituação científico. Do ponto de vista do conjunto de conhecimentos da Física, compatíveis com o nível de Ensino Médio, as atividades de trabalho, tomadas no seu conjunto, parecem se complementar. Isso sugere que a socialização de conceitos provenientes das atividades de trabalho entre estudantes pode ser proveitosa e ampliar possibilidades de desenvolvimento de conteúdos em aulas de Física. Essa socialização, evidentemente, vem exigir discussões e atividades em grupo que atentem para a diversidade de conceitos relacionados aos conhecimentos de Física.

Os resultados obtidos com o questionário já sugerem temas da Física que podem ser proveitosos no desenvolvimento dos conteúdos de Física do Ensino Médio para os estudantes trabalhadores. As descrições detalhadas das atividades de trabalho permitem perceber que os estudantes conseguem fazer descrições que sugerem temas da Física que eles mantêm contato nas suas ocupações. Evidentemente, é preciso relacionar o que são capazes de descrever com os temas da Física, assim, por exemplo, lixar a parede com lixas de diferentes números, abre uma discussão sobre força e coeficiente de atrito, propriedade de materiais e superfícies. O trabalho “preciso” de construção de engrenagens e “conjuntos mecânicos” abre discussões sobre a ideia de erro em medidas, ordens de grandeza, movimentos harmônicos, atrito, dissipação de potência mecânica, máquinas simples e complexas, e assim por diante. Mas este processo perderá sentido e poderá esvaziar-se se os estudantes não tiverem espaço permanente para apresentarem novos elementos a partir de reelaborações fomentadas pelo professor.

### 3.2 Cotidiano das atividades de trabalho: pistas para um ensino orientado para níveis superiores de generalização.

Algumas situações nas quais os estudantes trabalhadores utilizaram conhecimentos que nos suscitam conhecimentos mais sistematizados de Física foram observados ou relatados. Estes conhecimentos precisam ser analisados, tendo como referência o corpo de conhecimentos da Física. Analisar estes conhecimentos revela não só conexões com conhecimentos sistematizados de Física, fornecendo elementos metodológicos para o desenvolvimento de aulas de Física levando em conta as atividades de trabalho dos estudantes, mas também revela informações sobre o nível de abstração que os estudantes possuem dos conceitos no seu cotidiano de trabalho, contexto este que lhes exige responsabilidades e lhes impõe situações em que o conhecimento pode ser posto a prova, mas também pode ser restringido mediante as contradições entre trabalho e capital. Assim, não basta considerar os fragmentos<sup>6</sup> de conhecimentos de Física provenientes das atividades de trabalho em aulas de Física, mas o fazer de forma dirigida para a construção de novos sistemas de referência e organização de uma hierarquia de conceitos de diferentes níveis de generalidade, indo do cotidiano ao científico, ressignificando o cotidiano pela via dos conceitos científicos, conforme a concepção de aprendizagem e desenvolvimento “vigotskiano”. Nessa perspectiva, considerar os conceitos cotidianos dos estudantes trabalhadores é mais do que uma estratégia metodológica, mas é valendo-se destes que estruturas mais amplas de pensamento podem se desenvolver chegando a níveis de conceitualização próprios da Ciência, conforme prevê a teoria de aprendizagem e desenvolvimento intelectual da Psicologia Histórico-Cultural, abordada na seção 2.

*3.2.1 Um estudante e uma amostra da Física da borracharia.* Nesta visita o estudante trabalhador nos forneceu informações detalhadas, carregadas de conceitos e problemas físicos, mas quando perguntamos sobre o reconhecimento de conteúdos das aulas de Física na sua atividade diária de trabalho, que nos explicava detalhadamente, disse que nunca lhe “veio em mente” esta possibilidade, nem se lembrava de qualquer referência a situações de trabalho em suas aulas de Física, ou outra disciplina. O estudante estava iniciando a terceira série do Ensino Médio.

O estudante nos relatou, incluindo rápidas demonstrações nas instalações da borracharia, os quatro principais serviços prestados por ele: o alinhamento de rodas, o balanceamento de rodas, a calibragem da pressão e o remendo de pneus danificados (perfurados). Algumas vezes o estudante comparou como fazia este trabalho há dois anos, quando trabalhou numa borracharia sem tantos equipamentos de interface eletrônica como os que agora fazia parte de seu cotidiano de trabalho. A seguir descrevemos o que o estudante trabalhador nos explicou nas, aproximadamente, duas horas de duração da nossa visita à borracharia.

Começamos pelo alinhamento de rodas, que como sabemos, faz parte da manutenção periódica dos veículos para se evitar o desgaste prematuro dos pneus, evitar o cansaço desnecessário do motorista, facilitando o controle e aumentando a segurança na condução do veículo. O estudante nos disse, sinalizando com as mãos, que alinhar as rodas consiste basicamente em ajustar os ângulos das rodas em relação ao eixo central imaginário que atravessa a extensão do veículo. Para isso, nos disse que é preciso analisar dois aspectos das rodas: inclinação do eixo da roda (que pode convergir ou divergir em relação ao eixo de alinhamento) e “folga” (ajustamento) da roda. Estes itens são dados do fabricante do veículo e cada roda possui suas especificações. O estudante nos disse que “antigamente” não se alinhava as quatro rodas, mas somente as duas dianteiras. Com o tempo a ideia de compensar, ou mesmo ajustar, quando o modelo do veículo permite, os desajustes das rodas traseiras com ajustes nas dianteiras, predominou e praticamente todos os clientes pedem para que se faça o alinhamento de todas as quatro rodas. O estudante observa que o LASER que é preso nas rodas no momento do alinhamento é apenas para guiar o alinhamento com mais precisão e facilidade. “Funciona como um barbante” para indicar no painel

---

<sup>6</sup> Quando nos referimos a fragmentos de conhecimentos de Física, queremos distinguir esses conhecimentos de um corpo de conhecimentos academicamente organizados.

fixado na frente do veículo o ângulo em que se encontra e quantos graus precisam ser modificados no processo. A direção do veículo é mantida imóvel enquanto as rodas são desparafusadas do eixo da direção e giradas dos ângulos necessários ao alinhamento.

O estudante salientou que veículos sem alinhamento adequado têm a “dirigibilidade” comprometida. Perguntei o que isto significa e ele disse que todas as condições de direção ficam comprometidas. “Fica mais difícil controlar a direção do carro” disse ele, além de consumir irregularmente os pneus e outras peças da suspensão do veículo. Explicou que existe também o alinhamento da cambagem, que é o ajuste do ângulo formado entre plano da superfície de contato dos pneus e a vertical. Este tipo de ajuste é mais raro de ser necessário, segundo o estudante, mas é importante, pois está relacionado com a estabilidade do veículo ao fazer curvas.

A segunda explicação fornecida foi sobre o balanceamento de rodas. Segundo o estudante, a segunda causa de desgaste irregular de pneus e de peças da suspensão. A necessidade desse serviço é percebida quando o veículo vibra em velocidades acima de 60, 80, 100 Km/h. Segundo o estudante, quando se monta a roda, se junta a roda (estrutura metálica), o pneu propriamente e acessórios (câmara de ar se houver), e se este conjunto não se ajusta perfeitamente, distribuindo sua massa igualmente nos centros radiais e laterais da roda, é preciso realizar este ajuste depois de montada a roda. Para isso gira-se a roda num aparelho que indica quanto de massa deve ser acrescentada em cada lado da roda (interno e externo), re-equilibrando a distribuição de massa. O estudante nos disse que existem dois tipos de desequilíbrios nas rodas: o desequilíbrio “com ela [roda] parada” e em movimento, ou seja, estático e dinâmico. O desequilíbrio estático, segundo o estudante, é responsável por oscilações “tipo sobre e desce” quando o veículo está em movimento, pois neste tipo de desequilíbrio existe uma parte pesada ou leve localizada exclusivamente no pneu. Já o desequilíbrio dinâmico, ocorre quando há diferenças de massa entre os dois lados da roda (externo e interno), o que causa oscilações laterais, segundo ele.

O terceiro serviço apresentado foi a calibragem da pressão dos pneus, que consiste em verificar a pressão interna dos pneus, por meio de nanômetro. Dependendo da carga e do terreno os pneus podem exigir maior ou menor pressão. Maior peso exige maior pressão para que os pneus não fiquem deformados ao rodarem. Analogamente, menor peso exige menor pressão para se evitar trepidações desnecessárias devido a eventuais choques “menos elásticos” entre os pneus muito rígidos pelo excesso de pressão interna e crateras e obstáculos pelo caminho. Nesta explicação incluímos um pouco de nossa análise, mas os elementos para que a fizéssemos vieram das explicações do estudante. Ele ainda acrescentou que alguns clientes calibram a pressão dos pneus com nitrogênio, pois é um gás que “enferruja menos” as rodas e sofre menos a ação do calor.

O estudante ainda disse que pneus mal calibrados (com a pressão de ar inadequada) se desgastam mais rapidamente e acarreta maior consumo de combustível. A explicação para o desgaste foi dada, mas para a relação entre consumo de combustível e pressão dos pneus não. Disseram, “eu só sei que é assim”.

Outro ponto a ser considerado, conforme o estudante recomendou, é conferir esta pressão com os pneus frios, pois com o calor o ar “dilata” (o ar expande) elevando a pressão, acarretando numa medida “errada”.

Por último o estudante explicou como faz remendos em pneus danificados. Utiliza técnicas de remendo “quente” e “frio” dependendo do caso. Nos pneus que necessitam de câmara de ar, o remendo é feito nela. Observou que, dependendo da área do furo nos pneus, a segurança do mesmo para velocidades mais altas fica comprometida. Analisou que quando há um abaulamento de parte da lateral de um pneu, significa que ele está fragilizado naquele ponto, pois a pressão do ar é suficiente para deformá-lo. Este caso é mais “grave” do que um furo ou corte que provoca o esvaziamento do pneu, pois significa que toda uma área do pneu está frágil e não algo menor como um furo ou um corte.

Alguns avanços em direção a uma rede conceitual mais geral provavelmente teriam maior chance de ocorrer se o trabalho na borracharia tivesse sido abordado numa aula de Física. Quanto ao consumo maior quando os pneus estão com a pressão abaixo do ideal, isto ocorre porque os pneus com pressão interna insuficiente encontram maior resistência ao rolamento, uma vez que o contato com o solo ocorre numa área maior do que a ideal, ocorrendo um abaulamento pelas partes laterais da superfície de rolagem. Isso acarreta também um maior tempo na dinâmica de frenagem do veículo. Os pneus com excesso de pressão também reduzem a área de contato com o solo, pois somente a parte central da superfície de rolagem mantém contato com o solo. Assim, o tempo de frenagem também aumenta. Outra relação interessante é a da profundidade dos sulcos dos pneus e o desempenho em superfícies molhadas. Com sulcos poucos profundos a água não encontra vazão e forma uma película escorregadia entre o pneu e o solo aumentando as chances de escorregamento.

É interessante observar que o estudante tem a percepção “dinâmica” dos ajustes que ele realiza num veículo estacionado. Esta, a nosso ver, é uma percepção física que não pode ser descartada em outras situações numa aula de Física, além dos conceitos em si, que estão presentes na atividade sob uma forma não teorizada e que ao percebê-la também no formato de teorias ensinadas na escola (seja quantitativa ou em análises qualitativas), o estudante se verá em condições de melhor entender seu trabalho e principalmente em condições melhores para a aprendizagem escolar. A partir desta análise é possível identificar algumas condições para que, como Vygotsky (2005) analisou, os conceitos cotidianos se desenvolvam rumo a se estruturarem dentro de um sistema de referências mais amplo, o da Ciência.

Apenas para recapitular alguns temas de interesse para o Ensino de Física no Ensino Médio que podem ser suscitados: par ação-reação, força de atrito e fenômenos associados, dinâmicas de frenagem, cálculos com vetores (análise vetorial), oscilações mecânica, fatores de amortecimento, momento de inércia e distribuição de massa em sistemas dinâmicos, momento angular, relação entre força, pressão e área, elasticidade e deformação em materiais, gases ideais, entre outros.

*3.2.2 Uma estudante e um pouco de Física dos “pés e solados”.* Na visita a uma loja de calçados, a estudante que nos atendeu descreveu sua atividade de trabalho também com detalhes, na medida em que encaminhávamos perguntas mais específicas e solicitávamos detalhamentos de respostas. A estudante disse que tem um objetivo profissional específico na rede de lojas em que trabalha e faz questão que seus colegas e chefes saibam. Ela quer um cargo de gerência, quer cuidar da qualidade geral do atendimento ao cliente e controle do estoque, reposição e compra de novos produtos. “Por isso estou procurando estudar mais, fazer cursos e entender mais de administração e de calçados”, nos disse. Nossas questões se reportaram à organização dos setores da loja, dos tipos de calçados, das perguntas feitas pelos clientes, suas respostas e das “propriedades” dos calçados.

Segundo a estudante, a loja está organizada em quatro setores de calçados de acordo os vários públicos atendidos: infanto-juvenil, calçados para esportes, masculino e feminino. Cada público tem suas exigências próprias. Segundo a estudante, todos querem saber sobre a durabilidade e conforto dos calçados, mas há exigências mais específicas.

Uma preocupação geral é com o solado do calçado. A estudante nos disse que muitas vezes os clientes demandam informações que eles, vendedores, não têm. Seria “interessante”, segundo ela, que os fabricantes fornecessem mais informações para que os vendedores possam oferecer mais informações aos clientes. Ela deu exemplos: “quantos milímetros o calçado pode ceder?” “Quais materiais cedem mais?” A estudante acha que faltam informações sobre a deformação dos calçados com o uso em função do material de confecção, isso para todos os calçados dos setores da loja, além de informações sobre o quão “liso” pode ficar o solado e em que condições. “Muitos senhores querem saber se o calçado não vai ficar liso depressa”, nos disse. A estudante disse que tenta ajudar os clientes baseado nos aspectos do solado como formato dos sulcos e rigidez do material, “geralmente se o solado for muito duro ele fica muito liso no chão molhado, eu acho”. A estudante disse que os vendedores e os gerentes precisam saber mais “dessas coisas” para proporcionarem

uma ajuda mais “confiável” aos clientes e, assim, “conquistá-los”, indo além das informações dadas pelos fabricantes, que, segundo ela, são “poucas”.

Outra questão levantada por clientes e vendedores é sobre os calçados para esportes. Deles, segundo a estudante, os clientes querem saber sobre o “amortecimento” no caso de tênis e “travamento” no caso de chuteiras. Há diferentes tipos de sistemas amortecimento de impactos em palmilhas para diferentes práticas esportivas. Nesse caso, há mais informações por parte dos fabricantes, segundo a estudante, mas ela sugeriu que há muita “propaganda enganosa sobre os amortecedores de calçados”.

Com estas questões, a estudante nos fornece situações de trabalho propiciadoras de férteis discussões sobre temas como: determinação de coeficientes de amortecimento e restituição de sistemas mecânicos, atrito, relação entre formatos de sulcos e atrito, elasticidade/deforabilidade de materiais, dissipação de energia mecânica em impactos em caminhadas, corridas, salto, por exemplo.

A visita à loja de calçados revelou necessidades de novos conhecimentos em função da atividade de trabalho da estudante. Segundo nossa abordagem, essa necessidade pode motivar a aprendizagem escolar se organizada num processo contínuo de desenvolvimento conceitual, reorientado-se continuamente para níveis de generalização mais elevados permitidos pelos conceitos científicos. Assim, o sistema de referências do cotidiano pode ser reorganizado em função das referências científicas e vice-versa, uma vez que o conhecimento científico é passível de ser verificado empiricamente.

*3.2.3 Um estudante e a Física do som e da sonorização.* Na visita a uma loja de equipamentos de som para automóveis, que durou um total de quase três horas (divididos em dois dias), o estudante que nos apresentou sua atividade na loja demonstrou competência para projetar e implementar projetos de sonorização de automóveis. Mostrou-nos que é preciso escolher a fonte de alimentação (bateria) em função da potência total dos alto-falantes instalados no automóvel. Neste momento da explicação, perguntei-lhe se já havia estudado o conceito de potência nas aulas de Física. Sua resposta nos deixou perplexo: ele disse que sim, mas que se tratava de outra coisa “nada a ver” com a potência que ele estava explicando. “Aquilo [o conceito estudado] é potência de chuveiro, aqui é outra coisa”. Apesar disso, o estudante foi capaz de perceber o efeito Joule em um aparelho que estava sendo montado. Neste caso, parece que o estudante não generalizou o conceito de potência ensinado nas aulas de Física, além dos fenômenos de transformação e conservação de energia envolvidos no efeito Joule. O estudante demonstrou habilidade em considerar qualitativamente os conceitos de corrente, tensão e resistência, numa relação linear como a conhecemos na lei de Ohm, bem como com a potência do sistema composto pela bateria, o aparelho de som e os alto-falantes.

Esse estudante trabalhador pretende ter sua própria empresa e prestar serviços independentemente e, por isso, segundo ele, está procurando aprender ao máximo no atual emprego. Em pouco tempo, nos disse que quer estar seguro de que pode planejar e montar sistemas de sons em automóveis. Ele nos mostrou vários tipos de alto-falantes e amplificadores e afirmou que o cliente quer escolher o aparelho que vai reproduzir as músicas e a qualidade que deve ter o som, mas como isso vai ser viabilizado no seu automóvel, “é problema nosso”. Por isso considera importante entender de amplificadores, alto-falantes e as baterias adequadas, em alguns casos, sendo necessário uma bateria exclusiva para o som, quando for o caso.

O estudante explicou que a função dos amplificadores é ampliar a potência do aparelho de som (CD ou MP3 player), o que é necessário quando se quer um som mais potente do que a potência nominal dos aparelhos de som. Ele disse que projetar é um trabalho difícil, pois não pode sobrecarregar o sistema do automóvel. Disse que quando os engenheiros projetam os automóveis dimensionam a “bitolagem” (seção transversal dos fios condutores) e o tipo de alternador da bateria para uma dada corrente. Entretanto se acrescentarmos muitos acessórios, excedendo o que o

sistema original suporta, corre-se os riscos da sobrecarga de todo o sistema e não apenas o do som, como muitos pensam, concluiu o estudante: “Daí aparecer fiação esquentando demais e bateria descarregando”. Segundo ele, a regra básica para “projetar um som para carros” é que a potência dos alto-falantes seja menor ou no máximo igual a do amplificador que os alimenta, caso contrário o alto-falante é danificado, “a bobina do alto-falante queima e não compensa trocar (a bobina)”.

No segundo dia de nossa visita recebemos uma quantidade grande de informações do estudante, e nesse caso, foi preciso realizar anotações no local. O estudante disse que o principal para ele é ser honesto com os clientes, então ele esclarece várias coisas no atendimento. Primeiro, ele orienta os clientes a escolherem os alto-falantes e amplificadores pela potência chamada “RMS<sup>7</sup>” e nunca pela chamada “PMPO<sup>8</sup>”. Segundo ele, a potência “PMPO” varia de fabricante para fabricante, chegando a diferenças muito grandes. Ele disse que a medida “PMPO” engana o consumidor, pois indica um número muito elevado de potência medida pelos métodos do fabricante. Assim os valores reais de potência são dados pela potência “RMS”.

Outro ponto que o estudante nos esclareceu, dizendo que “isso poucos sabem”, foi sobre a relação entre potência do alto-falante e “altura do som”. Segundo o estudante, muitas pessoas confundem a potência dos alto-falantes que compram com a “altura do som” que vão obter. “Compram alto-falantes potentes, mas querendo sons altos, pancadas dentro do carro”. Segundo ele, o que determina a “altura do som” não é a potência do alto-falante, do amplificador ou do aparelho de som (CD ou MP3 player), mas sim o valor do “SPL”, que segundo ele é a pressão sonora<sup>9</sup> emitida. O estudante nos deu um exemplo: dois alto-falantes, um de 100 watts RMS e outro de 50 watts RMS estão ligados num amplificador de 30 watts, se estes alto-falantes tiverem o mesmo SPL a “altura do som” será a mesma para os dois. Perguntei qual, então, seria a diferença entre os alto-falantes e ele disse que apenas o de 100 watts RMS pode ser ligado num amplificador de até 100 watts sem problema, já o de 50 watts só pode ser ligado num amplificador de no máximo 50 watts. O alto-falante de 100 watts tem mais energia para vibrar o ar, mas isso não significa som mais “alto”, nos disse o estudante.

Ele acrescentou que existem diversos tipos de alto-falantes, cada um cobrindo uma faixa de frequência. Para ele o som é a própria frequência. “Todo som é uma frequência, na verdade, várias misturadas”, assim, ele justifica a necessidade de se fazer uma combinação adequada entre vários tipos de alto-falantes para se cobrir o máximo da faixa de frequência sonora. O estudante nos mostrou uma tabela relacionando alto-falantes em função da frequência. Anotamos alguns nomes e valores para exemplificar: Woofers (sons graves, frequência entre 50 Hz e 5000 Hz). Mid-ranger (sons médios como a voz humana, frequência entre 200 Hz e 3.500 Hz). Tweeter (sons agudos, frequências acima de 5000 Hz). A faixa de áudio, considerada no manual, foi de 20 Hz até 15000 Hz.

Por fim, o estudante esclareceu o que ele chama de “o problema da qualidade do som”. Segundo sua explicação, há um conflito entre “altura do som” e qualidade do som. Um som de qualidade, para automóveis, só pode ser possível dentro do automóvel, pois é preciso, segundo ele,

---

<sup>7</sup> RMS (root mean square – raiz quadrática média) utilizada para indicar a medida de potência aplicada a um alto-falante sem que este apresente distorção harmônica do som, é na verdade, um valor que se extrai de medidas de corrente e tensão alternadas e não da potência. Imaginemos uma tensão senoidal. Ela varia de um valor negativo a um positivo iguais em módulo. A média simples seria, portanto zero. Assim, elevando-se ao quadrado a média de vários pontos da tensão senoidal considerada e extraíndo sua raiz, obtemos a tensão RMS ( $V_{RMS}$ ) que multiplicada pela corrente RMS nos fornecerá a potência RMS, em Watt, no Sistema Internacional (SI). Isso equivale a aproximadamente 70% do valor de pico da onda senoidal correspondente. Em geral esta potência (RMS), para alto-falantes e amplificadores, corresponde àquela em que se podem ouvir sons sem distorções significativas, perceptíveis pelo ouvido humano.

<sup>8</sup> Em busca posterior encontramos que PMPO (Peak Maximum Power) corresponde ao pico de potência máxima suportada pelo alto-falante, o que significa que pode durar intervalos de tempos muito pequenos da ordem de décimos de segundos ou menos, ou seja, tempo insuficiente para a finalidade de ouvir músicas.

<sup>9</sup> Sound pressure level (SPL) de acordo com um manual de instruções que o estudante nos mostrou.

simular o som de um palco, efeito não pode ser simulado com o sistema do interior do automóvel, fora dele. Para isso ele diz ser necessário que se tenha um alto-falante do tipo Mid-ranger e Tweeters a frente dos ocupantes do veículo, ou pelo menos do lado, logo, no exterior do veículo só é possível um “som alto”, mas não de qualidade.

Perguntamos também, sobre o funcionamento do alto-falante e do amplificador, recebendo as seguintes explicações: sobre o funcionamento do alto-falante, o estudante disse que se trata de uma membrana vibrando o ar e assim “faz o som”. Sobre o amplificador disse apenas que ele tem a função de elevar os níveis de tensão dos sinais sonoros originais que vêm do som (CD ou MP3 player).

Ele nos conta que todo o serviço que realiza foi aprendido no atual emprego, com seu patrão e outros colegas mais experientes, mas aprende mais a cada dia, “a cada dia tem um desafio aqui me esperando”, nos disse. Na escola sabe que isso tudo que faz no trabalho tem a ver com Física, mas não tem os assuntos de sua atividade de trabalho considerados nas aulas de Física. “Não que eu me lembre”, nos disse, mas considera que seria um atrativo a mais para estudar se também pudesse aprender mais a Física presente no seu contexto de trabalho.

Mais uma vez podemos perceber situações para se desenvolver os conceitos cotidianos dos estudantes rumo aos conceitos científicos desenvolvidos na escola e associados a necessidades de aprendizagens capazes de motivar outros processos e situações de aprendizagem. O sistema de conceitos deste estudante possui uma base de conhecimentos provenientes da realidade na qual ele interfere e também uma estrutura motivacional profícua para que a aprendizagem de conceitos científicos se desenvolva a tal ponto de alterar significativamente, se não radicalmente, sua relação com a realidade da atividade profissional que o desafia constantemente e com a Ciência.

Alguns conceitos de Física podem ser percebidos latentes nas suas ações e falas como, por exemplo, a sua idéia de potência no sistema de som. Se ele tivesse acesso a uma explicação sobre o conceito de potência num formato mais próximo de sua atividade de trabalho, antes de ter uma explicação mais geral e abstrata tal como a definição usual (a grandeza que expressa a quantidade de energia fornecida por uma fonte por unidade de tempo), certamente teria melhores condições de chegar a uma idéia mais geral que unificasse o conceito de potência dissipada por um chuveiro, como nos disse no primeiro dia da visita, e a idéia de potência máxima de um alto-falante como sendo a quantidade de energia elétrica, proveniente do sinal elétrico do som (CD ou MP3 player) que um alto-falante pode transformar em som sem gerar, no mesmo processo, calor suficiente para fundir seus componentes eletrônicos danificando-o. Essa idéia por sua vez suscita a necessidade de se pensar de que materiais são feitos esses componentes que podem fundir, buscando materiais com maior ponto de fusão, e assim por diante, numa discussão da Física que o cerca no trabalho, nas suas aflições imediatas, indo ao encontro dos princípios mais elementares dessa Ciência.

Há, ainda, os elementos que o funcionamento do alto-falante pode fornecer para discussão de fenômenos eletromagnéticos e sonoros, os quais podemos reconhecer ao detalhar o funcionamento do alto-falante. Outros temas que podem ser suscitados nestas situações de trabalho do estudante trabalhador na loja de sons para automóveis e ainda não mencionados podem ser: Efeito Doppler, transdutores de eletro acústicos (inclusive ultrassônicos), oscilações mecânicas, associação de componentes elétrico, em especial alto-falantes, corrente alternada e contínua, impedância, ressonância acústica, ultrassons, linhas nodais, diferenças entre intensidade, altura e timbre, relação entre frequência e período. Além de aspectos gerais de transmissão via rádio e antenas.

Conforme comentamos, as entrevistas serviram a outros objetivos, mas apresentaremos a seguir algumas considerações pertinentes para nosso objetivo neste trabalho.

3.2.5 *O técnico em ferramentas elétricas* afirmou que já detém os conhecimentos necessários a sua atividade profissional, mas admite que haja outros elementos a se aprender na escola. Quando perguntamos o que ele precisa saber no seu trabalho e que nos desse uma visão geral do que ele faz, nos relatou:

O mínimo é entender de eletricidade. Tensão, corrente elétrica, saber fazer uma medida no lugar certo, saber o que está entrando no equipamento e o que está saindo, se está fazendo algum ruído diferente do normal. Transmissão do movimento do motor para outras partes, vibração e ruído, saber ver se as correias estão em bom estado, se escovas e outras partes estão gastas, se tem algum rolamento travado, cabo rompido, ou outra coisa que cause bloqueio elétrico etc. Mas isso é feito em duas partes, uma visualização geral do equipamento, se não há nada que possa causar um estouro, a gente liga a máquina. Daí observa o ruído. Na maior parte das máquinas o principal defeito é: curto induzido, visualmente você não vê nada na máquina. Então quando você “energiza” a máquina, quando você a alimenta, ela ronca. Por que ela ronca? Porque ela tem várias bobinas conduzindo e uma em curto provocando uma sobrecarga elétrica nas outras partes elétricas do equipamento. Esse é o ronco que ela apresenta, que é na maior parte das vezes. Pode ter também engrenagem estourada que você ouve quando liga, mas que não dá para ver. Isso em equipamentos elétricos. Agora tem os equipamentos eletrônicos, que é outro conceito, e equipamentos transformadores, como uma máquina de solda, arco submerso, pantógrafo, esses equipamentos são verificados em teste, não tem como verificar energizando, nesses, a gente verifica isolando componente por componente e verificando a passagem de corrente. Se não passa corrente tem que trocar o componente, é mais fácil arrumar, mas mais difícil achar a parte defeituosa. [...] A maior parte [dos diagnósticos] são resolvidos com o multímetro, que dá para medir tanto a corrente como a tensão e a frequência. (Técnico em ferramentas elétricas).

A análise de sua atividade profissional, do ponto de vista da Física, pode permitir ao estudante desenvolver novas necessidades de aprendizagem, ao perceber as situações de trabalho que nos relatou, por exemplo, no excerto acima, como casos particulares de conceitos mais gerais, como, por exemplo, a indução eletromagnética e o conceito de semicondutores que permitiu o desenvolvimento da microeletrônica e da optoeletrônica, a que o estudante considera como “outro conceito” não nos detalhando da mesma forma como o fez quando falou da “eletromecânica”. As situações de trabalho deste estudante permitem a ele um nível conceitual que, do ponto de vista do Ensino de Física, significa um horizonte prospectivo de aprendizagem em potencial.

3.2.6 *Fotocopiador* - As abstrações sobre problemas nas atividades profissionais, nos espaços observados ou mencionados nas entrevistas, se mostraram baseadas em resultados imediatos e estratégias de generalização do “fazer”, passando por ideias equivocadas do ponto de vista científico. Também tomam como uma espécie de teoria de segunda categoria respostas fechadas de trabalhadores mais experientes ou dos patrões.

Você sabe como ela [fotocopiadora] funciona por dentro? Como ela faz as cópias? (pesquisador)

Dizem que é a eletrostática né? A carga estática do toner gruda na folha da cópia no mesmo lugar da original. [...] o patrão já falou, o cara que esteve lá fazendo a revisão da máquina falou também. [...] É assim? (trabalhador – fotocopiador).

Buscamos entender o funcionamento típico de uma máquina fotocopiadora por meio de manuais dessas máquinas disponíveis em sites de vários fabricantes. Em suma encontramos que o cilindro, a que o estudante se refere, é constituído de material foto-sensível que recebe a imagem refletida do documento original. O cilindro, então, recebe quantidades de toner (pigmento) por meio da atração eletrostática, formando assim a cópia no cilindro. O pigmento é então transferido para o papel, mais uma vez por atração eletrostática e é fixado por um processo de fusão.

Evidentemente que aulas sobre fenômenos eletrostáticos podem não bastar para se entender precisamente como é possível a fotocópia, mas juntamente com outros conteúdos de Física necessários, esse conhecimento pode se efetivar. Mas o principal nesta abordagem parece ser que entender a máquina fotocopadora pode ser uma motivação eficaz para este estudante mobilizar esforços para aprender Eletricidade, Física Térmica, princípios de sensibilização de superfícies, etc.

A cobrança por resultados rápidos reduz as chances de se pensar, em se tratando de operações, inviabilizando sínteses mais amplas de processos. Nesse sentido a abstração dos processos do trabalho em sala de aula, se contemplar a realidade do cotidiano de trabalho, é uma chance de conectar Física escolar e realidade imediata dos estudantes, de forma a favorecer aprendizagens e sínteses mais significativas.

*3.2.7 Doméstica, dinâmica e aceleração.* Como as conexões entre elementos da atividade profissional e elementos de um currículo de Física não são, para maioria das atividades profissionais dos estudantes, algo que se possa estabelecer diretamente, sem uma reflexão cuidadosa, perguntas do tipo “você acha que tem alguma coisa de Física no seu trabalho?” parecem não ajudar muito. Além disso, esse é o tipo de pergunta cujo esforço por respondê-la demanda pesquisa, como a que ora relatamos, uma vez que as deficiências do ensino têm dificultado que os estudantes estabeleçam estas relações. Uma primeira tentativa de aplicação dos questionários nos levou a suspender a pergunta sobre conexões que faziam entre Ciência e sua atividade profissional. Pareceu-nos que esta pergunta não fazia sentido, pois as primeiras respostas mostraram que a maioria não foi capaz de responder sem alguma ajuda, uma vez que não é usual esse tipo de consideração em aulas no Ensino Médio. Porém, quando esta pergunta é feita, fornecendo-lhes algum tipo de auxílio, os estudantes podem desenvolver sínteses que contribuem na aprendizagem e na generalização de conceitos físicos e ao mesmo tempo para reflexão sobre suas atividades de trabalho. Novamente temos condições que podem fazer surgir novos *sentidos pessoais* e novas objetivações ligadas a generalizações que podem surgir da resignificação dos conceitos cotidianos por meio da aprendizagem de conceitos científicos, abrindo-se um horizonte prospectivo de possibilidades como detectamos junto à empregada doméstica.

Você disse que a máquina centrífuga, o que é isso? Como ela faz isso? (pesquisador).

É! A máquina gira a roupa bem rápido e a água sai toda, é como torcer a roupa, fica quase seca. Torce melhor do que na mão e estraga menos a roupa. Você nunca viu? (Doméstica)

Mais um passo nessa discussão, em uma aula de Física, a trabalhadora doméstica (e eventualmente colegas) teriam a oportunidade de discutir diversos fenômenos físicos associados a movimentos circulares. Níveis crescentes de generalização se sucederiam, ampliando a compreensão dos conceitos da Física e ainda sua percepção da realidade imediata. Saber que a centrífuga de roupa é a aplicação racional de leis naturais, de forças naturais, para agilizar o processo de secagem de roupas, e que esse mesmo princípio da Física, por exemplo, permite ao homem construir aceleradores que podem simular a gravidade de outros planetas ou traçar órbitas de satélites com certa aproximação, pode ser um caminho profícuo para motivar os estudantes a mobilizar esforços para a aprendizagem.

Segundo Vygotsky (1981, 1998, 2005) o êxito no aprendizado significativo de um conceito, no caso, pensemos em conceitos de Física, depende de um certo grau de maturidade na cultura primeira relacionada à Física, o que podemos notar, em diferentes graus ou estágio nestes estudantes trabalhadores, associados às suas atividades de trabalho.

Ao se priorizar uma Física do cotidiano do trabalho, o que precisa ser buscado, ao considerarmos a Psicologia Histórico-Cultural, é favorecer a transferência do sistema de significados que o estudante já possui de outras experiências, no caso, situações de trabalho, para o “novo” conceito científico e vice-versa (Vygotsky, 2005, p. 137).

Os movimentos que queremos que seja percebido e efetivado é que o aprender a ver situações de trabalho como sistemas particulares, entre diversos outros, concebendo os fenômenos à luz de categorias mais gerais, tendem a favorecer significativamente a consciência das elaborações no cotidiano de trabalho. Alguns cuidados são importantes de serem tomados ao se considerar logo de início, por exemplo, a Física térmica envolvida numa cozinha comum ou no chuveiro elétrico que todos (ou quase todos) conhecem, ou o refrigerador. É preciso descobrir antes em quais elementos o cotidiano de trabalho do estudante trabalhador exige e/ou permitiu que ele desenvolvesse e qual a sua medida de generalidade, pois pode ser que em diversos momentos em um curso de Física os estudantes possuam níveis de generalização superiores ao que se supõem. Neste caso, se não se partir deles, buscando níveis mais elevados, a Física pode tornar-se menos atraente, dificultando a apropriação do conhecimento. As pesquisas dos soviéticos os levaram a refutar a chamada teoria da transferência (ou deslocamento), segundo a qual o estágio posterior de desenvolvimento repete a trajetória do anterior, inclusive com a recorrência de dificuldades já superadas no plano inferior. Todas as evidências encontradas confirmaram a hipótese de que sistemas análogos se desenvolvem em direções opostas, tanto no nível superior como no inferior, e que cada sistema influencia o outro e se beneficia de seus resultados mais relevantes (Vygotsky, 2005, p. 137-138).

Do conjunto de análises realizadas acima podemos perceber, a partir das situações envolvidas no cotidiano de trabalho dos estudantes, estruturas conceituais de diferentes níveis de generalização. Apresentamos a seguir uma tabela, na qual relacionamos fenômenos considerados pelos estudantes (nas entrevistas e visitas realizadas) com alguns conceitos ou idéias da Física tipicamente propostas para desenvolvimento no Ensino Médio. Não temos a pretensão de esgotar, ou mesmo realizar uma apresentação exaustiva dos assuntos de Física presentes nos espaços de trabalho visitados. Estas são as conexões que julgamos mais evidentes para iniciados em Ciências, que é o nosso caso e o de licenciados em Física e outras Ciências. Há casos em que se pode perceber aspectos fenomenológicos da Física interessantes para discussão em sala de aula, como as diversas aplicações de LASERS, mostrando o que já sabemos há muito: o que os estudantes vivenciam remete à Física desenvolvida principalmente no século XX e que não tem chegado às salas de aula.

Estes resultados corroboram com a possibilidade de ocorrer a relação entre conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos, conforme descrito por Vygotsky (2005), Hedegaard (2005) e Daniels (2001). Também são bons indícios a favor da hipótese de Vygotsky (2005) de que os processos mentais superiores são mais suscetíveis à instrução, ou seja, se desenvolvem de forma privilegiada por meio da instrução.

A distância entre estes dois níveis precisa ser tal que a convergência seja favorecida. Temos então duas categorias que podem manter diferentes graus de relação, indo de um grau mais favorável à convergência até mesmo a uma distância tamanha que sua convergência se torna pouco provável. Daniels (2001).

Tendo em vista estes resultados, podemos inferir três condições necessárias para que a relação vygotskyana entre conhecimentos científicos e conhecimentos cotidianos possa se realizar no contexto do Ensino de Física para estudantes trabalhadores:

- Privilegiar a evolução dos conceitos, em ambos os polos, ou seja, cotidiano de trabalho propício e aulas de Física planejadas com compromisso de desenvolver uma relação de conhecimentos, promovendo identificação de linguagens, construção de inventários e levantamentos a “varejo”. Em alguns casos é preciso elevar a complexidade dos conceitos de Física, em outros reduzir. É preciso conhecer os diferentes níveis de elaboração, por isso as informações precisam se pautar na realidade de trabalho dos estudantes;

**Tabela 3** – Exemplificação de situações de trabalho ou conceitos mencionados pelos estudantes trabalhadores nas entrevistas e visitas e respectivos conceitos ou leis da Física que podem ser considerados para a aprendizagem escolar a partir das situações ou conceitos mencionados.

	<b>Atividade profissional</b>	<b>Situação de trabalho ou conceito mencionado pelos estudantes (conhecimentos cotidianos)</b>	<b>Conceitos ou leis da Física que podem ser considerados para a aprendizagem escolar a partir das situações ou conceitos mencionados pelos estudantes. (conhecimentos científicos - correspondentes a um nível mais complexo de conceitos).</b>
<b>ENTREVISTAS</b>	Trabalhador - Fotocopiadora e papelaria	Processo básico da fotocópia (eletrostática e pigmentação).	Eletrostática, espelhos eletrostáticos, fotosensibilidade, calor e pressão.
	Doméstica	Funcionamento de uma máquina de lavar roupas e secagem por centrifugação.	Forças centrípeta e centrífuga, atrito, referenciais inerciais, inércia.
	Técnico em ferramentas elétricas	Curto induzido, tensão, corrente, circuitos, vibração, transmissão de movimento, medidas elétricas, rolamentos, ruído acústico, bobinas elétricas, transformadores de tensão, diferenças entre aparelhos eletromecânicos e eletrônicos.	Indução eletromagnética, corrente alternada e contínua, vibrações mecânicas e amortecimento, conservação de energia e momento, lei de ohm, instrumentos e métodos de medidas elétricas, impedância, componentes eletrônicos, gradiente de tensão.
<b>VISITAS</b>	Loja de equipamentos de som para automóveis	Funcionamento de alto-falantes e amplificadores, dissipação de potência, corrente elétrica, faixas de frequências audíveis, baterias, compatibilidade de componentes elétricos, pressão sonora, “qualidade sonora” etc.	Dissipação de potência, efeito joule, lei de ohm, potência, oscilações mecânicas, impedância, intensidade sonora, transformação da energia, propriedade piezoelétrica, audiofrequências, eletromagnetismo e aplicações, etc.
	Borracharia	Alinhamento, balanceamento, cambagem e calibragem de rodas e consertos de pneus e rodas em geral, uso de LASER como guia, vibração, estabilidade de veículos e situações de rolamento, aderência de pneus, elasticidade da borracha, medidas de pressão, dilatamento de pneus, etc.	Pressão, expansão de gases, análise vetorial, atrito (estático e dinâmico), momento angular, dinâmica, elasticidade de materiais, momento linear e angular, centros de massa, forças fictícias, força centrípeta, etc.
	Loja de calçados	Sola lisa/rugosa, resistência de materiais dos calçados, amortecimento de impactos por calçados, etc.	Permeabilidade, atrito e tecnologias para medida de permeabilidade em materiais.

- O trabalho pedagógico deve promover uma relação adequada entre significado e sentido, produzindo necessidades de novas aprendizagens e o domínio do conhecimento científico e seu uso deliberado;

- Reconhecer a estrutura semiótica do conhecimento científico e a necessidade de que sua aprendizagem seja mediada por outro par mais capaz, o que traz a necessidade do professor inventariar a condição de trabalhador de seus estudantes trabalhadores.

#### 4. Implicações/considerações finais

Se entendermos a escola como instituição que ensina os conhecimentos socialmente significativos e acumulados ao longo do desenvolvimento sócio-histórico da humanidade para as novas gerações, poderemos admitir a necessidade de repensar o ensino examinando as relações entre cognição e contexto e entre aprendizagem e produção de conhecimentos. Neste sentido, os contextos de trabalho que examinamos parecem nos sugerir a possibilidade de uma interface mais significativa para os estudantes trabalhadores no espaço da Física na escola. Isto se as estratégias não tiverem como objetivo as situações de trabalho em si, o que se torna alienante tanto quanto o trabalho alienante, mas a aprendizagem dos conteúdos científicos e tecnológicos, que permitiram o desenvolvimento sócio-histórico. Neste caso, para os estudantes trabalhadores, a relação com seu contexto de trabalho é mais do que somente uma componente inicial para a construção de um conhecimento sólido em Física, são seus conceitos cotidianos mais elaborados, conforme indicam as pesquisas do programa da Psicologia Soviética, são as estruturas que poderão fundamentar com maior eficiência o desenvolvimento conceitual da aprendizagem em ciências.

Os resultados da aplicação do questionário demonstraram que, embora a maioria dos estudantes trabalhadores tenha dificuldades de descrever suas atividades de trabalho num formato mais favorável a seu aproveitamento em aulas de física, muitos estudantes trabalhadores são capazes de relatar suas atividades de trabalho de forma significativamente aproveitável em contexto do Ensino de Física no Ensino Médio.

Defendemos uma Física do cotidiano, preconizando a necessidade de olhar melhor os cotidianos reais dos estudantes, que no caso de nossa investigação foi o cotidiano de trabalho. Trata-se de procurar saber mais sobre o espaço cotidiano dos estudantes e não deduzi-lo ou simplesmente considerá-lo comum para todos os estudantes ou ainda, comum entre professor e estudante. Reconhecer os cotidianos de trabalho parece ser uma perspectiva viável para uma abordagem significativa da Física para estudantes trabalhadores no Ensino Médio, lembrando que eles compõem uma grande parcela dos estudantes e que historicamente têm o seu acesso ao conhecimento científico sistematizado dificultado.

Porém, uma abordagem iniciada pelas atividades reais de trabalho dos estudantes (e não simulações ou conjeturas) não parece ser conveniente por tempo indeterminado, ou seja, não é conveniente que o Ensino de Física seja sustentado por uma abordagem centrada no trabalho, pois há o risco de se converter em uma concepção ingênua, segundo a qual com a apropriação dos saberes de Física relacionados às suas atividades de trabalho o estudante já desenvolveu o suficiente em matéria de Física no Ensino Médio. Incorrendo neste equívoco, o ensino se aliena ao invés de conscientizar, tornando-se uma extensão do trabalho e não um processo de reflexão e aprofundamento sobre ele (possível com conhecimentos de Física) ao mesmo tempo em que a aprendizagem de consolida.

Vimos que o cotidiano de trabalho dos estudantes, ao ser considerado na construção do conhecimento científico, pode ser significativo quanto à aprendizagem de Física e não só uma rotina alienante, embora esta para ser superada dependa de uma articulação metodológica do ensino, direcionada também (e talvez principalmente – o que não tem sido feito) para esta finalidade.

Vimos que no seu contexto de trabalho, muitas vezes, os estudantes trabalhadores elaboram conhecimentos que, embora careçam de uma conceituação mais precisa dentro de um sistema de referência da Física para se possam consolidar objetivos educacionais mais amplos, não podem ser considerados de “senso comum”.

Comparando a forma dos conteúdos de Física desenvolvidos tipicamente no Ensino Médio, com o que analisamos, torna-se defensável explorar mais sistematicamente em sala de aula conteúdos mais “avançados” de Física, em relação àqueles tipicamente propostos para o Ensino

Médio. Levando-se em conta que os estudantes trabalhadores interagem de forma séria e sistemática com muitos destes conhecimentos, ainda que em outro formato, em função de suas atividades de trabalho. A defasagem dos conteúdos pode, por exemplo, explicar o desinteresse pela Física.

No contexto das ideias discutidas aqui, avaliar resultados de aprendizagem dos estudantes trabalhadores em um curso de Física no Ensino Médio ou parte dele, mediante abordagem de conteúdos amparados no cotidiano de trabalho de estudantes trabalhadores, parece ser uma possibilidade interessante para novos estudos. Como sugestão teórico-metodológica, parece profícuo reproduzir o projeto da Psicologia Histórico-Cultural detalhando, para o caso do Ensino de Física, o desenvolvimento em direções opostas e mutuamente constituídas dos conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos para os estudantes trabalhadores.

## Referências

- Angotti, J. A. P. Conceitos Unificadores e Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 191-198, 1994.
- Arroyo, M. Revendo os vínculos entre trabalho e educação: elementos materiais da formação humana. In Silva, T.T. *Trabalho, Educação e prática social: por uma teoria da formação humana*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.
- Brasil. Ministério da Educação. Diretoria de Avaliação para Certificação de Competências (DACC). Relatório final do ENEM 2007. Brasília: 2008. Disponível em: <[www.inep.gov.br/download/enem/Relatorio/ENEM\\_2007.pdf](http://www.inep.gov.br/download/enem/Relatorio/ENEM_2007.pdf)>. Acesso em: 22.dez. 2009.
- Daniels, H. *Vygotsky and Pedagogy*. Londres: Routledge, 2001.
- Davydov, V.V. and Radzikhovskii, L.A. Intellectual origins of Vygotsky's semiotic analysis. In J.W.Wertsch (Org.). *Culture, communication, and cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985
- Duarte, N. A Teoria da Atividade como uma abordagem para a pesquisa em Educação. *Perspectiva*, Florianópolis, v.21, n.02, p.279-301, jul/dez. 2003.
- Freire, P. *Pedagogia do Oprimido*. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.
- 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.
- Hedegaard, M. The zone of proximal development as basis for instruction. In. Daniels, H. (Org). *An Introduction to Vygotsky*. Londres: Routledge. 2005.
- Pierson, A. H. C. *O Cotidiano e a busca de sentido para o Ensino de Física*. 1997. 241p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da USP – FEUSP, São Paulo, 1997.
- Raboni, P. C. A. *A fabricação de um óculos: resgate das relações sociais, do uso e da produção de conhecimento no trabalho*. 1993. 160 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, 1993.
- Rodríguez, A.; Herrán, C.A. *Educação secundária no Brasil: chegou a hora*. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento/Grupo Banco Mundial. 2000.
- Roth, M. Aprender ciencias en y para la comunidad. In. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 2. p. 195, 2002.
- São Paulo (Estado). *São Paulo faz escola: Edição especial da proposta curricular (disciplinas Química, Biologia e Física)*. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 2008.
- Vigotskii, L.S. et al. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 2. ed. São Paulo: Ícone/Edusp, 1988.

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

Vygotsky, L. S. The genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J. (org.), *The concept of activity in soviet psychology*. New York: Sharpe, 1981.

Recebido em: 16.10.2008

Aceito em: 19.04.2011