

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM EDUCAÇÃO**

**LUCAS BERNARDES BORGES**

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE  
DAVYDOV**

**GOIÂNIA  
2016**

**LUCAS BERNARDES BORGES**

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE  
DAVYDOV**

Tese apresentada à Banca Examinadora de Defesa do Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação, sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas.

**Linha de Pesquisa:** Teorias da Educação e Processos Pedagógicos.

**Área de Concentração:** Educação e Sociedade.

**GOIÂNIA**  
**2016**

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)  
(Sistema de Bibliotecas PUC Goiás)

B732e

Borges, Lucas Bernardes.

Ensino e aprendizagem de Física [manuscrito] :  
contribuições da teoria de Davydov / Lucas Bernardes Borges –  
Goiânia, 2016.

154 f. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de  
Goiás, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em  
Educação, 2016.

“Orientadora: Dra. Raquel Aparecida Marra da Madeira  
Freitas”.

Bibliografia.

1. Ensino – Metodologia. 2. Física – Estudo e ensino. I.  
Título.

CDU 37.02(043)

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE  
DAVYDOV**

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação da Pontifícia  
Universidade Católica de Goiás, defendida e aprovada em 01 de setembro de 2016.

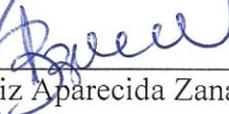
BANCA EXAMINADORA



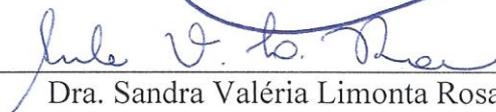
\_\_\_\_\_  
Dra. Raquel A. Marra da Madeira Freitas / PUC Goiás (presidente)



\_\_\_\_\_  
Dr. Duélcio Aparecido de Freitas Vaz / PUC Goiás



\_\_\_\_\_  
Dra. Beatriz Aparecida Zanatta / PUC Goiás



\_\_\_\_\_  
Dra. Sandra Valéria Limonta Rosa / UFG



\_\_\_\_\_  
Dr. Jefferson Adriano Ribeiro da Cunha / UFG

\_\_\_\_\_  
Dra. Elianda Figueiredo Arantes Tiballi / PUC Goiás (suplente)

\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos Vinícios Rabelo Procópio / UFG (suplente)

*Dedico esta tese a todos que de alguma forma  
me proporcionaram a realização de mais este  
sonho!*

## AGRADECIMENTOS

Esta parte da tese é uma das mais especiais para mim, oportunidade que tenho de ser justo ao compartilhar e dividir este momento de felicidade e realização com aqueles que sempre estiveram do meu lado. É difícil sintetizar em poucas palavras o imenso sentimento de gratidão que tenho, mas tentarei escolher aquelas que mais o traduz!

À Deus por me conceder a oportunidade de desfrutar momentos tão maravilhosos nestes últimos quatro anos e meio de doutorado na PUC Goiás, me possibilitando conhecer pessoas especiais e ter contato com conhecimentos importantes para minha formação pessoal e profissional.

A meus pais, Heliana e Antonio Newton, que por meio do trabalho, da renúncia de muitos sonhos e por estarem sempre ao meu lado me concederam a oportunidade de mais este crescimento pessoal e profissional.

A minha esposa, Poliana, pelo carinho intenso, pela paciência inesgotável e por sempre viajar comigo nos meus sonhos, tornando a maioria deles uma realidade. Você foi uma das principais responsáveis por todas as transformações que vêm ocorrendo em mim nos últimos anos.

A minhas irmãs, Juliana e Mariana, e a meus cunhados, Jalles e Álysson, pelo carinho, pela torcida e por saber que sempre posso contar com vocês.

A meus avós, Alzira e Antonio, por se sentirem realizados com minhas conquistas, por sempre torcerem por mim e pelas orações.

A minha querida orientadora, professora Raquel, por me proporcionar este enriquecimento pessoal e profissional, sempre me valorizando e compartilhando comigo do seu rico conhecimento. Ficarei eternamente agradecido por aceitar o desafio de orientar um aluno no doutorado em Educação que tinha pouco conhecimento na área.

Ao professor Libâneo pelas inúmeras contribuições dadas em minha formação profissional e pessoal, visto que sua história de vida serve de inspiração para eu ser uma pessoa cada vez mais humana e acreditar que dias melhores virão. Agradeço pela inesperada, surpreendente e honrosa faixa azul concedida a mim, a retribuo e tenho certeza que em mim o senhor deixou marcas!

Aos professores Duelci Aparecido de Freitas Vaz e Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha, e às professoras Beatriz Aparecida Zanatta e Sandra Valéria Limonta pelas valiosas contribuições ao longo da escrita da tese e por aceitarem o convite de participar da defesa.

Ao professor Paulo Silva Melo pela amizade, companheirismo e por ter aceitado

participar da pesquisa, se empenhando e dando contribuições valiosas que vieram enriquecer o trabalho.

Aos professores da PUC Goiás que sempre me trataram de forma muito respeitosa, sempre me valorizaram e que em suas companhias tive a oportunidade de crescer pessoal e profissionalmente.

Aos membros da banca de qualificação por enriquecerem o trabalho e por compartilharem do sonho de por meio da educação proporcionar transformações sociais de que nossa sociedade tanto almeja.

Aos amigos da PUC Goiás pelo companheirismo, pela amizade, pelo incentivo e por compartilhar comigo angústias e alegrias.

Ao Instituto Federal Goiano Câmpus Avançado Hidrolândia por ter aceitado participar da pesquisa, pelo apoio e pelo acolhimento.

Aos alunos do primeiro ano do curso técnico integrado em Manutenção e Suporte em Informática por aceitarem participar da pesquisa, por tê-la tratado com muito respeito e por ter me acolhido de forma amistosa.

Ao Instituto Federal de Goiás Câmpus Anápolis pela licença e pela bolsa PIQs concedidas.

À PUC Goiás pela bolsa concedida.

À CAPES pela bolsa concedida.

À todos aqueles que sempre torceram por mim e que se alegram com minhas vitórias.

## RESUMO

O ensino de Física, no contexto do Ensino Médio na educação brasileira, encontra-se em uma situação preocupante, uma vez que a maioria dos alunos alcança pouca aprendizagem e, conseqüentemente, apresenta dificuldade na incorporação dos conceitos estudados na escola à sua realidade. Esta pesquisa teve como objeto o ensino de Física e, tendo fundamentação teórica as ideias do autor russo Davydov, procurou responder à seguinte questão: quais contribuições da teoria de Davydov para melhorar a aprendizagem de conceitos de Física por alunos do Ensino Médio? Na busca da resposta foi realizada uma pesquisa de campo, com abordagem qualitativa, com professor e alunos do Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática, de uma instituição pública federal situada no estado de Goiás. A pesquisa de campo consistiu em um experimento didático tendo como referência elementos da teoria de Davydov e como conteúdo as leis de Newton. Os dados foram obtidos por meio de observações do processo de ensino e aprendizagem nas aulas, entrevistas com alunos e professor, e diagnóstico da aprendizagem dos alunos. Na análise dos dados buscou-se indícios de mudanças na aprendizagem e no desenvolvimento do pensamento dos alunos em relação ao conteúdo estudado. Concluiu-se que os alunos apresentam dificuldade em interiorizar conceitos e, ao serem confrontados com problemas concretos envolvendo as leis de Newton, tendem a permanecer utilizando conceitos de sua experiência cotidiana; entretanto, na atividade de estudo dessas leis, como conceito teórico, e tendo na tarefa ações que contemplam a sua experiência sociocultural, os alunos passaram a ter motivos para aprender a pensar teoricamente esses conceitos, ainda que nem todos tenham desenvolvido integralmente esse tipo de pensamento. Houve uma reorientação do processo de ensino e aprendizagem, visto que havia pouca interação e participação dos alunos nas aulas, bem como elevação do diálogo e interação de toda a turma em seu conjunto. Embora nem todos tenham alcançado integralmente a formação do pensamento teórico, todos obtiveram mudanças em seu modo de compreender as leis de Newton, estabeleceram ricas relações com seus contextos socioculturais, mostrando-se ativos na utilização desse conhecimento para orientar suas práticas sociais. Concluiu-se também que efetivar o ensino ancorado nessa teoria requer mudanças profundas no conhecimento e na prática do professor, e na gestão do processo de ensino e aprendizagem. Apesar dos dados desta pesquisa, bem como as análises e reflexões deles decorrentes, sejam demarcados pelo contexto pesquisado, pelos participantes da pesquisa e pelas análises do pesquisador, podem servir de referência para a promoção de mudanças no ensino de Física no Ensino Médio, sobretudo no que se refere à superação das práticas pedagógicas tradicionais, que não consideram os motivos do aluno, sua atividade e experiência sociocultural, seu desenvolvimento e aquisição de autonomia intelectual, fornecendo também pistas para mudanças na formação de professores de Física.

**Palavras-chave:** Ensino; Aprendizagem; Ensino Desenvolvidor; Ensino de Física.

## ABSTRACT

The teaching of physics in the context of secondary education in Brazilian education, is in a worrying situation, since most students achieve little learning and thus has difficulty in incorporating the concepts studied at school to their reality. This research had as object the teaching of Physics and having theoretical foundation in the ideas of the Russian author Davydov, sought to answer the question: what contributions Davydov theory to enhance learning concepts in physics for high school students? In search of the answer, a field survey was conducted with a qualitative approach, with teachers and students of the Integrated Technical High School in Technical Maintenance and Hardware Support of a federal public institution located in the state of Goiás. The field research consisted of a didactic experiment with reference to elements of the Davydov theory in the context of the Newton's laws. Data were obtained through observations of teaching and learning process in the classroom, interviews with students and teacher, and diagnosis of student learning. In the analysis of the data sought to change signs in the learning and development of students' thinking in relation to the studied content. It was concluded that students have difficulty internalizing concepts and, when confronted with concrete problems involving Newton's laws, they tend to stay the concepts of their everyday experience; however, the study activity of these laws, as a theoretical concept, and taking on the task activities aimed at their socio-cultural experience, students now have reasons to learn how to think theoretically these concepts, although not all have fully developed this kind of thinking. There was a reorientation of teaching and learning process, as there was little interaction and participation of students in classes and increase dialogue and interaction of the whole class as a whole. Although not everyone fully achieved the formation of theoretical thinking, all had changes in their way of understanding the laws of Newton, established relations with its rich socio-cultural contexts, being active in using this knowledge to guide their social practices. It is also concluded that effect teaching anchored in this theory requires profound changes in knowledge and teacher practice in the management of the teaching and learning process. Although the data of this research and the analysis and deriving reflections are marked by the researched context, the participants of the research and the analysis of the investigator, may serve as a reference for the promotion of changes in teaching physics in high school, especially in referred to overcome the traditional teaching practices, which do not consider the motives of the student, their activity and socio-cultural experience, its development and acquisition of intellectual autonomy, also providing clues to changes in the training of Physics teachers.

**Keywords:** Education; Learning; Developmental education; Physics Teaching.

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
	<b>CAPÍTULO I - A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA PREOCUPANTE REALIDADE</b> .....	18
1	<b>Dificuldade de aprendizagem dos alunos</b> .....	18
2	<b>Metodologia no ensino de Física</b> .....	20
3	<b>Formação de professores</b> .....	25
4	<b>Teorias de aprendizagem no ensino de Física</b> .....	26
4.1	PIAGET .....	27
4.2	DEWEY .....	27
4.3	AUSUBEL E NOVAK .....	28
4.4	VIGOTSKY E SEGUIDORES .....	32
5	<b>Contribuições, alcances e limites das pesquisas</b> .....	35
	<b>CAPÍTULO II - A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL</b> .....	38
1	<b>Aspectos gerais da teoria do ensino desenvolvimental</b> .....	38
1.1	FORMAÇÃO DE CONCEITOS .....	41
1.2	MÉTODO DE ASCENSÃO DO ABSTRATO AO CONCRETO .....	42
1.3	ATIVIDADE .....	43
1.4	APROPRIAÇÃO .....	43
1.5	ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL .....	43
1.6	ATIVIDADE HUMANA E PENSAMENTO .....	44
1.6.1	Atividade prática e atividade intelectual .....	44
1.6.2	Atividade de estudo, aprendizagem e desenvolvimento .....	45
1.7	PENSAMENTO EMPÍRICO E PENSAMENTO TEÓRICO .....	47
1.8	CONHECIMENTO E PENSAMENTO EMPÍRICO .....	49
1.9	CONHECIMENTO E PENSAMENTO TEÓRICO .....	49
2	<b>Estudo lógico e histórico das leis de Newton</b> .....	53
3	<b>Buscando uma compreensão das leis de Newton como pensamento teórico</b> .....	58
	<b>CAPÍTULO III – HISTORIANDO E CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA</b> .....	61
1	<b>Objeto da pesquisa e argumentos pelo experimento didático formativo ..</b>	61
2	<b>O campo e os participantes da pesquisa</b> .....	63

2.1	PERFIL DO PROFESSOR .....	64
2.2	PERFIL DOS ALUNOS .....	65
<b>3</b>	<b>O contexto pesquisado .....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>Etapas da pesquisa .....</b>	<b>68</b>
4.1	FASE PRELIMINAR .....	69
4.2	ESTUDO LÓGICO HISTÓRICO DOS CONCEITOS .....	69
4.3	TAREFA DE DIAGNÓSTICO .....	69
4.4	PLANO DE ENSINO DESENVOLVIMENTAL .....	72
4.5	EXECUÇÃO DO PLANO DE ENSINO DESENVOLVIMENTAL .....	73
4.6	CATEGORIZAÇÃO .....	74
	<b>CAPÍTULO IV - EXPERIMENTO DIDÁTICO FORMATIVO DAS</b>	<b>77</b>
	<b>LEIS DE NEWTON .....</b>	<b>77</b>
<b>1</b>	<b>O conhecimento prévio dos alunos .....</b>	<b>77</b>
<b>2</b>	<b>As tarefas de estudo despertando os motivos dos alunos .....</b>	<b>82</b>
<b>3</b>	<b>Movimento de apropriação da primeira lei de Newton .....</b>	<b>84</b>
<b>4</b>	<b>Movimento de apropriação da segunda lei de Newton .....</b>	<b>88</b>
<b>5</b>	<b>Movimento de apropriação da terceira lei de Newton .....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>Generalização das leis de Newton .....</b>	<b>94</b>
<b>6.1</b>	<b>Primeira lei de Newton .....</b>	<b>95</b>
<b>6.2</b>	<b>Segunda lei de Newton .....</b>	<b>99</b>
<b>6.3</b>	<b>Terceira lei de Newton .....</b>	<b>102</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>107</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>120</b>

## INTRODUÇÃO

Entre diversas posições teórico-políticas há aquelas que atribuem à escola o papel de contribuir para a democratização da sociedade. Destaca-se nessa posição Libâneo (2004), para quem um ensino de qualidade é aquele em que os alunos possam se desenvolver intelectualmente, preparando-se para enfrentar e resolver os problemas que surgirem ao longo de suas vidas.

As crianças e jovens vão à escola para aprender cultura e internalizar os meios cognitivos de compreender e transformar o mundo. Para isso, é necessário pensar – estimular a capacidade de raciocínio e julgamento, melhorar a capacidade reflexiva e desenvolver as competências do pensar. A didática tem o compromisso com a busca da qualidade cognitiva das aprendizagens, esta, por sua vez, associada à aprendizagem do pensar. Cabe-lhe investigar como ajudar os alunos a se constituírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com conceitos, argumentar, resolver problemas, diante de dilemas e problemas da vida prática. A razão pedagógica está também associada, inerentemente, a um valor intrínseco, que é a formação humana, visando a ajudar os outros a se educarem, a serem pessoas dignas, justas, cultas, aptas a participar ativa e criticamente na vida social, política, profissional e cultural (LIBÂNEO, 2004, p. 5).

Essa citação ilustra e ao mesmo tempo demarca o lugar teórico em que se insere a pesquisa: o campo da didática tal qual expressa Libâneo, com uma fundamentação histórico-cultural e com um compromisso político democratizador. Deste lugar, todas as disciplinas são importantes, uma vez que o aprendizado dos conteúdos contribuem para promover a formação dos alunos, provendo-lhes condições para atuação crítica na vida social. Na disciplina Física os estudantes devem ter a possibilidade de aprender conceitos presentes no cotidiano social, na vida pessoal e na vida profissional das pessoas, de modo que se tornem mais reflexivas a respeito dos problemas e das soluções originadas a partir da Física e incorporados na cultura, nas formas de viver.

A pesquisa tem como tema o ensino e a aprendizagem da Física, e busca contribuições da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov a fim de superar o método tradicional praticado no ensino de Física, caracterizado por ser transmissivo, não dialético, centrado no professor e pela passividade do aluno. Davydov (1988) afirma que os conteúdos e os métodos utilizados para se alcançar o pensamento empírico não é o mais efetivo, e propõe o ensino desenvolvimental por acreditar que as disciplinas escolares devem formar nos alunos um nível elevado de consciência e de pensamento.

A metodologia aplicada no ensino de Física é apenas mais um dos motivos que contribuem para o fraco desempenho dos alunos, mas articulada com outros fatores, como a formação de professores, por exemplo, pode gerar avanços na melhoria de sua qualidade. Defende-se nessa pesquisa não só a necessidade social da aprendizagem dos conceitos de

Física como a importância dessa aprendizagem para a democratização da sociedade<sup>1</sup>.

O fraco desempenho dos alunos nas disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza não é exclusividade da Física. Um exemplo que pode ser dado da pouca aprendizagem dos alunos são os resultados da avaliação do *Programme for International Student Assessment* (PISA) que revelam o quadro crítico que se encontra o ensino de Ciências no nono ano do Ensino Fundamental, disciplina que antecede o estudo da Física no Ensino Médio. O desempenho apresentado pelos alunos sugere que o ensino praticado no Brasil precisa ser melhorado. Segundo o Relatório do PISA de 2012, na área de Ciências, o Brasil ficou com 405 pontos, sendo enquadrado no nível 1.

Estudantes no Nível 1 de proficiência têm um conhecimento científico tão limitado que pode ser aplicado apenas a algumas poucas situações conhecidas. Conseguem apresentar explicações científicas óbvias e que resultem diretamente de evidências oferecidas (INEP, 2012, p. 49).

A escola transmite aos alunos, frequentemente, a ideia de que os conteúdos escolares não servem para ser aplicados no dia a dia, criando-se o mito de que apenas os mais capacitados aprendem as Ciências Naturais (ANDRADE; MAIA JR., 2008). Desse modo, os alunos passam a ver os conceitos científicos ensinados na escola como algo que não tem relação com suas vidas, como o cotidiano em casa, na rua ou no trabalho, não fazendo sentido para eles o seu aprendizado.

Outro motivo que pode contribuir para que não compreendam é o modo como ocorre o processo de ensino e aprendizagem, particularmente, a concepção de método de ensino e o modo como é planejado e realizado o ensino. Quanto a isso, Ricardo e Freire (2007), referindo-se à concepção de alunos sobre a Física no Ensino Médio, destacam que poucos têm a chance de prosseguir nos estudos com uma metodologia de ensino baseada apenas no acúmulo de conhecimento.

As disciplinas ligadas às Ciências Naturais, entre elas a Física, têm como conteúdo de

---

<sup>1</sup>No centro de Goiânia funcionava o Instituto Goiano de Radiologia (IGR) em um terreno emprestado pela Sociedade São Vicente de Paulo (SSVP), que em contrapartida fazia exames gratuitos à Santa Casa de Misericórdia, administradora da SSVP. A Santa Casa de Misericórdia, em 1984, decidiu vender o terreno para o Instituto de Previdência e Assistência do Estado de Goiás (Iпасgo) antes que fosse efetivada a ação de despejo dos antigos locatários, alegando descumprimento no acordo com o IGR. No ano seguinte o IGR se mudou deixando para trás os mobiliários e equipamentos antigos. No mês de maio de 1987, o Iпасgo, novo dono do imóvel, iniciou a demolição do prédio, mas uma liminar judicial o obrigou a interromper a destruição. Em setembro do mesmo ano, Roberto e Wagner, moradores de um bairro vizinho, encontraram o aparelho utilizado em radioterapias contendo a cápsula de céσιο-137, levaram-no para a casa de Roberto, e romperam a cápsula de chumbo e a placa de lítio que isolava o material radioativo. A peça de chumbo foi vendida para Devair, dono de um ferro-velho. Nas mãos de Devair a cápsula revelou um brilho azul intenso e ele distribuiu alguns fragmentos do pó do interior da cápsula entre parentes, amigos e vizinhos. O céσιο-137, liberado da cápsula, passaria a circular por bairros da região central de Goiânia, provocando grande contaminação radioativa (VIEIRA, 2013). Será que este acidente radioativo, o segundo maior da história mundial, teria ocorrido se Roberto e Wagner tivessem aprendido os conceitos relacionados à radioatividade?

ensino os fenômenos da natureza, envolvendo conceitos diretamente relacionados às tecnologias (Informática, Telecomunicação, Automobilística etc). A apreensão desses conceitos é importante para que os alunos passem a dominar conceitos básicos da Física para entender e resolver problemas na vida diária como, por exemplo, saber se determinado aparelho eletrônico pode ser ligado na tomada sem queimar, saber onde instalar uma caixa d'água para dar mais pressão à água etc.

No entanto, como descrito, a Física é uma disciplina muito conhecida entre alunos e professores não pela sua importância ou pela beleza e profundidade do conhecimento, mas por ser considerada de difícil compreensão e por seu alto índice de reprovação. Conforme mencionado, seu ensino tem sido realizado muitas vezes pelo método tradicional, com a exposição das leis fundamentais e suas aplicações, na maioria das vezes, associada à resolução de um número elevado de exercícios com o objetivo de levar os alunos a repetir de diferentes formas o modo de resolver problemas parecidos. É questionável se, mesmo quando acertam os resultados dos exercícios, os alunos estão de fato aprendendo o conceito ou estariam apenas memorizando um modo de resolvê-los.

O método tradicional, largamente empregado no ensino de Física, se baseia na exposição verbal da matéria e/ou demonstração, realizadas pelo professor, seguindo os passos de preparação, apresentação, associação, generalização e aplicação. Dá-se muita ênfase nos exercícios, na repetição de conceitos ou fórmulas e na memorização, disciplinando a mente do aluno e formando hábitos (LIBÂNEO, 1992).

Ao ter contato com a disciplina Física pela primeira vez, no primeiro ano do Ensino Médio, me deparei com um discurso de alunos e professores, muito disseminado e aceito, de que poucos alunos aprenderiam Física por ser difícil, por não terem dom, ou por incapacidade de aprender conceitos desta disciplina. Entretanto, este discurso não foi propriamente uma novidade para mim, uma vez que ele é recorrente no cotidiano escolar e comum na sociedade em geral.

Mais tarde, ao optar por cursar Licenciatura em Física, diversas vezes fui abordado por colegas e outras pessoas que utilizavam as expressões “é muito inteligente”, “é anormal” ou até mesmo “é louco”. Essas expressões exemplificam o discurso supramencionado, corrente no meio escolar. As mesmas pessoas que assim se referiram a mim, em outras oportunidades me confessaram um desempenho ruim ao cursarem a disciplina de Física no Ensino Médio, que acharam muito difícil e que pouco aprenderam.

Sempre considerei importantes os conteúdos da Física e tive prazer em aprendê-los, mas durante o curso de Licenciatura em Física e após me tornar professor me deparei

novamente com um problema muito semelhante ao que ocorrera na minha experiência como aluno no Ensino Médio: ausência ou pouco aprendizado pelos alunos dos conteúdos desta disciplina.

Concluído o curso de Licenciatura em Física busquei aprofundar mais meus conhecimentos para enfrentar melhor a pouca aprendizagem dos alunos no cotidiano de atuação na disciplina de Física. Uma experiência, como professor, que foi muito marcante para mim, negativamente, ocorreu quando reprovei, em um curso técnico integrado ao Ensino Médio em Química, cerca de 70% de uma turma. Essa experiência elevou meu conflito. Os discursos, depoimentos e experiências, como estudante de Licenciatura em Física e, depois, como professor de Física, levaram-me a refletir sobre a finalidade do estudo da disciplina Física no Ensino Médio e o que estaria por trás desse problema do pouco ou nada satisfatório desempenho da maioria dos alunos. Minha formação de licenciado e meu apego à atividade de ensino me levaram a um olhar mais focado para o processo de ensino e aprendizagem da Física, e à percepção de que algo precisava ser mudado nesse processo, pois passei a considerar que nele se encontrava também parte significativa do problema.

Eu, assim como os professores que me ensinaram Física e os meus colegas de trabalho, utilizava o método tradicional, com aulas expositivas, pouco dialogadas, pequena participação e pouca motivação dos alunos, adotando como uma operação muito frequente a resolução de exercícios. Esses exercícios, como uma atividade claramente de cunho pedagógico tradicional, não levavam em consideração as questões culturais e sociais dos alunos, não permitiam maior interação entre eles, maior diálogo com o professor, não os motivava para se envolverem na aprendizagem dos conteúdos, o que sem dúvida pouco contribuía para a aprendizagem dos conceitos da Física.

Em meio a muita reflexão e busca por compreender melhor o problema e encontrar uma alternativa, percebi que para mim isso se tornara uma necessidade: encontrar outra forma de ensinar, outra metodologia que possibilitasse aos alunos alcançarem maior aprendizado em Física. Neste contexto tive a oportunidade de me aproximar do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Pontifícia Universidade Católica (PUC) de Goiás (GO) e ter contato com a teoria do ensino desenvolvimental proposta por Davydov em uma disciplina que cursei como aluno extraordinário de doutorado. Ainda que de forma não aprofundada, naquele momento percebi que poderia estar encontrando a possibilidade de resposta às minhas indagações. Comecei a me apropriar dessa teoria já com a intenção de realizar uma pesquisa nela fundamentada e com foco no ensino de Física.

Posteriormente, ao ingressar no curso de Doutorado em Educação, tornei essa intenção

num projeto de tese e continuei a estudar a teoria do ensino desenvolvimental no contexto da concepção histórico-cultural do ser humano, de educação escolar e de ensino e aprendizagem, esperando encontrar aporte explicativo e propositivo para o problema da pouca aprendizagem de conceitos da Física por alunos do Ensino Médio. Essa expectativa estava imbuída do entendimento de que a efetiva aprendizagem dos conceitos de Física, como de todas as disciplinas, é muito importante na vida escolar futura dos estudantes e pode até influenciar em suas possibilidades de inserção profissional no mundo do trabalho, uma vez que diversas atividades, como as Engenharias e a Computação, por exemplo, exigem o domínio de conceitos da Física. Estava naquele momento assumindo a posição de que uma formação escolar verdadeiramente democrática deve possibilitar, por meio da aprendizagem dos conteúdos, que os alunos aprendam a pensar teoricamente a respeito do objeto de estudo. Esse era o discurso que eu desejava contrapor ao presente em minha vida escolar e vivência profissional como professor: poucos alunos aprendem Física por ser difícil, ou por não terem dom, ou por serem incapazes de aprender conceitos desta disciplina.

A pesquisa insere-se nessa perspectiva, buscando avançar em relação a esses estudos ao propor análise da utilização de um referencial teórico-metodológico, a teoria de Davydov, para o ensino de Física.

Ao por foco no processo de ensino e aprendizagem, destacando nele o método de ensino, não se perde de vista o entendimento de que o alcance de melhor aprendizagem de conteúdos da Física nas escolas requer considerar diversos fatores de natureza social, política, cultural, psicológica, pedagógica, dentre outros. No entanto, o realce de um fator de natureza pedagógica e didática deve-se ao fato de se considerar ser este o que está mais, intrinsecamente, ligado ao objetivo da escola de promover a aprendizagem dos alunos.

Sob o entendimento de que o método de ensino é um aspecto fundamental para a promoção de melhor aprendizagem, há variadas possibilidades de abordagem teórica, com suas diferentes contribuições, geralmente em oposição ao método tradicional. Destaca-se aqui a abordagem histórico-cultural desenvolvida por Vigotski<sup>2</sup> (1991; 1998; 2000; 2003), na qual se insere o autor principal cujo pensamento foi eleito para fundamentar essa pesquisa: o psicólogo e pedagogo russo Vasili Vasilievich Davydov, que nesta pesquisa será referido como Davydov<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>O sobrenome do autor aparece com diferentes grafias nas diversas obras dele ou de seus intérpretes. Neste texto utiliza-se Vygotsky sempre que a referência for à sua pessoa. Quando se tratar de referência a uma obra é utilizada a grafia tal como aparece na bibliografia referenciada.

<sup>3</sup>Da mesma forma que ocorre com Vygotsky, o sobrenome Davydov aparece com diferentes grafias. Neste texto utiliza-se Davydov sempre que a referência for à sua pessoa. Quando se tratar de referência a uma obra utiliza-se

Davydov (1987; 1988a; 1988b; 1997; 1999a; 1999b) elaborou uma teoria de ensino e aprendizagem para promoção do desenvolvimento do aluno de uma forma integral. Essa teoria apresenta premissas explicativas que o levam a defender que a forma de organização do ensino influencia no desenvolvimento das capacidades intelectuais dos alunos em conexão com os conceitos aprendidos. Com base nessa tese, o autor chegou à proposição de um método de ensino que apresenta uma estrutura básica, geral, e que pode ser aplicada ao ensino em várias disciplinas escolares.

Conforme analisa Freitas (2012), o caráter inovador desse método é que possibilita ensinar aos alunos por meio da resolução de problemas com foco na formação de um tipo de pensamento: o pensamento por conceitos.

É fundamental estudar as peculiaridades do ensino para estudantes em diferentes disciplinas ligadas às várias áreas do conhecimento, com o objetivo de contribuir para a formulação de métodos de ensino impulsionadores do desenvolvimento dos alunos, criando possibilidades para outro período evolutivo em suas vidas. O alcance desses métodos requer pesquisas do tipo experimento formativo nas diversas matérias que compõem o currículo escolar, cujos resultados forneçam novas formas de ensinar com foco no desenvolvimento dos alunos (DAVYDOV, 1988a).

Nessa pesquisa foi considerado ser esse, precisamente, o caso do ensino e aprendizagem de Física. Ainda que vários estudos apontem a necessidade dessa mudança (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; SOUZA JÚNIOR, 2006; ARAUJO; MAZUR, 2013), eles não avançam na direção de propor uma alternativa de mudança e não chegam a apresentar ideias que possam potencializar mudanças na forma de organizar o ensino na disciplina Física. Também se nota que raras são as pesquisas relacionadas à Física que tem como objeto a formação de conceitos de Física pelos alunos na perspectiva fundamentada em Davydov, como se propõe nessa pesquisa.

Souza Filho et al. (2005) realizaram um levantamento em periódicos e atas de eventos em 2000 e 2005 no intuito de divulgar as tendências presentes em publicações na área de ensino de Física. As temáticas predominantes foram: “Ensino/Aprendizagem de Física”, com 177 artigos; “Tecnologia de informação, instrumentação e difusão tecnológica”, com 162 trabalhos; “Didática, currículo e avaliação no Ensino de Física”, com 85 artigos; “Filosofia, História e Sociologia da Física”, com 79 artigos; “Formação de Professores” com 52 artigos; “Alfabetização científica e tecnológica” com 34 artigos; “Comunidade, prática e políticas

educacionais” com 34 artigos; “Educação em espaços não-formais e divulgação científica” com 19 trabalhos; e “Ciência, Tecnologia e Sociedade” com 20 trabalhos.

Essa breve discussão teve o objetivo de mostrar alguns elementos que ajudaram a delinear o problema da presente pesquisa: ausência ou pouca aprendizagem de conceitos de Física pelos alunos, sobretudo no Ensino Médio. A partir desse problema e considerando o potencial do aporte teórico apresentado por Davydov delineou-se a seguinte pergunta: quais são as contribuições da teoria de Davydov no que se refere à metodologia utilizada pelo professor para melhorar a aprendizagem de conceitos de Física por alunos do Ensino Médio?

A teoria do ensino desenvolvimental de Davydov foi adotada por ser considerada um aporte teórico-metodológico capaz de promover mudanças no processo de ensino e aprendizagem de conceitos da Física, impactando positivamente na redução dos índices de reprovação e no desenvolvimento intelectual, crítico e social do aluno.

O objetivo geral da pesquisa foi apontar as contribuições da teoria de Davydov no que se refere à metodologia aplicada pelo professor para melhorar a qualidade da aprendizagem das leis de Newton por alunos do Ensino Médio. Os objetivos específicos foram:

- realizar a análise lógico-histórica dos conceitos das três leis de Newton e elucidar o aspecto nuclear de cada um deles como base para seu ensino;
- analisar a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, discutindo sua contribuição para o ensino e aprendizagem dos conceitos das três leis de Newton.

Para o alcance desses objetivos realizou-se um experimento didático formativo com aproximações ao método utilizado por Davydov, realizado em uma turma de primeiro ano do curso técnico integrado em Manutenção e Suporte em Informática integrado ao Ensino Médio, em um câmpus do Instituto Federal Goiano.

O experimento didático formativo consiste em verificar, em situações concretas de ensino e aprendizagem intencionalmente planejadas com fundamento na teoria do ensino desenvolvimental, as possíveis mudanças intelectuais nos alunos motivadas por este ensino, e em especial pelas ações de estudo criadas pelo professor para que os alunos, ao realizá-las, estejam na verdade realizando um processo de formação do conceito estudado (FREITAS, 2010). Um pesquisador acompanha, observa e registra as aulas, fazendo observações, anotações e, quando possível, gravações para posterior análise.

O experimento didático formativo foi realizado abordando as três leis de Newton, envolvendo a participação de um professor de Física, que atuou como colaborador da pesquisa, e uma turma de primeiro ano do curso técnico integrado em Manutenção e Suporte em Informática do câmpus avançado de Hidrolândia, visto que a teoria estabelece que seja

considerado concretamente o conteúdo a ser ensinado e aprendido, isto é, um conceito ou um conjunto de conceitos, e para seleção do mesmo definiu-se como critério que ele fosse um dos mais básicos dentro da disciplina Física<sup>4</sup> no Ensino Médio. Para tanto realizou-se o estudo lógico histórico dos conceitos dessas três leis como exigência prévia à elaboração das ações a serem realizadas pelos alunos na atividade de estudo dessas leis durante as aulas. Também foi necessário escolher um tipo de instituição e neste caso ocorreu a opção intencional por uma escola pública federal. As ações de estudo dos alunos bem como as ações do professor colaborador foram elaboradas e discutidas com a participação deste, do pesquisador e da orientadora.

Obedecendo os critérios foi selecionada a turma do primeiro ano do curso técnico em Manutenção e Suporte em Informática integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Goiano (IF Goiano) câmpus avançado de Hidrolândia. O projeto pedagógico do mesmo parte do pressuposto de que a escola, como instituição da sociedade voltada especificamente ao ensino e aprendizagem, deve possuir as condições e meios para que as crianças, jovens e adultos, aprendam a ciência, a cultura, a ética e a arte. Essas aprendizagens são básicas para a formação e desenvolvimento de capacidades mentais e práticas, o que depende fundamentalmente dos alunos apropriarem e interiorizarem os conhecimentos nas diversas disciplinas que compõem o currículo escolar. Nesse sentido, pode-se dizer que a qualidade do ensino e aprendizagem escolares está ligada ao desenvolvimento dos alunos e, conseqüentemente, à possibilidade de exercerem sua cidadania (IF GOIANO, 2014).

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a primeira a revisão da literatura e a segunda a pesquisa de campo empírica. A revisão da literatura teve o objetivo de analisar como vem sendo tratado na literatura científica o problema do ensino e aprendizagem de Física, com especial atenção no Ensino Médio.

A tese aqui apresentada foi elaborada a partir dessa pesquisa e é composta por quatro Capítulos, além da Introdução e das Considerações finais. No Capítulo I, busca-se aprofundar o tema e o problema da pesquisa. No Capítulo II discute-se o referencial teórico utilizado na pesquisa. O Capítulo III é dedicado à descrição detalhada da metodologia. O Capítulo IV traz a apresentação e a análise dos resultados. No texto dedicado às conclusões o autor defende sua tese a partir dos principais resultados obtidos e apresenta algumas reflexões sobre as contribuições da teoria do ensino desenvolvimental para o ensino de conceitos da Física.

---

<sup>4</sup>Os conceitos escolhidos foram as três leis de Newton levando-se em consideração que devem ser conceitos básicos dentro da disciplina Física, o conteúdo programático que seria ministrado na turma e pelo arranjo feito entre os professores pesquisador e colaborador.

## **CAPÍTULO I – A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA PREOCUPANTE REALIDADE**

O presente capítulo apresenta e discute o que as pesquisas apontam em relação às temáticas relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física. Para isso foi considerado que o período de abrangência da revisão bibliográfica seria os últimos dez anos, por considerar que os trabalhos publicados neste intervalo de tempo seriam suficientes para subsidiar e justificar a presente pesquisa. No Banco de Periódicos da Capes somente estavam disponíveis as teses e dissertações publicadas nos anos de 2011 e de 2012, motivo pelo qual a pesquisa neste acervo se estendeu apenas por estes dois anos, e foram utilizadas as palavras-chave "ensino" e "Física". Também foi utilizado o acervo de periódicos da Revista Brasileira de Ensino de Física e do Caderno Brasileiro de Ensino de Física no período compreendido entre 2006 e 2015, em que se abriu todos os volumes e se pesquisou todos os títulos dos artigos para se fazer a seleção. Foi optado por este intervalo de tempo por considerar que seria suficiente para obter dados que sustentassem a pesquisa. Foram escolhidos os dois periódicos por representarem os principais veiculadores de pesquisas relacionadas ao ensino de Física.

O capítulo foi dividido em cinco tópicos, sendo eles: Dificuldades de aprendizagens dos alunos; Metodologia no ensino de Física; Formação de professores; Teorias de aprendizagem no ensino de Física; e Contribuições, alcances e limites das pesquisas. Com esta divisão foi possível discutir as contribuições, alcances e limites das pesquisas já realizadas, apontando a necessidade da realização de outras, mostrando como a presente pesquisa pretende agregar novas contribuições ao problema.

### **1. Dificuldades de aprendizagens dos alunos**

Os estudos e as pesquisas que analisam a situação em que se encontra o ensino de Física nas escolas de Ensino Médio evidenciam uma preocupante realidade com relação ao desempenho escolar dos alunos nessa disciplina e sugerem a necessidade de mudanças.

Na maioria das vezes, a Física representa para o estudante uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade não são esclarecidas (VEIT; TEODORO, 2002). Esse é um problema comum no Brasil e que muitas vezes deixa a impressão no aluno que a Física se resume à aplicação de fórmulas para se resolver exercícios, deixando de lado a discussão e os entendimentos dos conceitos envolvidos na disciplina.

Menegotto e Rocha Filho (2008) revelaram que a qualidade do ensino é baixa e nem

sempre os alunos conseguem acompanhar as aulas ministradas pelos professores, embora muitos dos alunos considerem a Física importante para sua formação. Verificaram, também, que as dificuldades dos alunos na disciplina Física estão relacionadas à não compreensão da linguagem utilizada pelos professores, à não sintonia entre o raciocínio do professor e do aluno, e às avaliações da aprendizagem encaradas apenas como uma obrigação por parte dos estudantes e dos professores. A pesquisa destes autores revela uma reflexão importante a ser feita no que diz respeito ao não acompanhamento das aulas por parte do aluno por diversos motivos. A teoria do ensino desenvolvimental respeita o tempo do aluno e mostra para o professor as dificuldades enfrentadas no monitoramento e controle de todas as ações realizadas.

Sales, Oliveira e Pontes (2010), em pesquisa realizada com professores de Física no Ensino Médio, observaram a falta de comunicação entre professor e alunos, a rejeição ou indiferença à disciplina Física e a preparação do aluno para o vestibular. Sales, Oliveira e Pontes (2010), Bonadiman e Nonenmacher (2007), e Menegotto e Rocha Filho (2008) afirmam que os cálculos utilizados na resolução dos exercícios de Física são um entrave à aprendizagem. Souza Júnior (2006) verificou que os alunos odeiam a disciplina e mesmo aqueles que apresentam habilidades com a Matemática reclamam do ensino de Física.

Os autores trouxeram em suas pesquisas situações em que devem ser levadas em consideração para elevar a qualidade do ensino de Física no Ensino Médio. A teoria do ensino desenvolvimental busca despertar o desejo dos alunos para que aprendam os conceitos envolvidos na disciplina, não a reduzindo a apenas em resolução de exercícios por meio da aplicação de fórmulas.

As dificuldades dos alunos também estão relacionadas à ausência de relações entre os conteúdos estudados e a vida cotidiana deles (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; SANTOS; ALVES; MORET, 2006; MENEGOTTO E ROCHA FILHO, 2008). A teoria do ensino desenvolvimental valoriza os aspectos sociais e culturais dos alunos e estes devem ser levados em consideração na elaboração do plano de curso da disciplina. O professor deve aproximar os conceitos cotidianos trazidos pelos alunos com os conceitos científicos relacionados à disciplina.

Barbeta e Yamamoto (2002) aplicaram um teste adaptado do *Mechanics Baseline Test* a alunos ingressantes de um curso de engenharia visando levantar dificuldades conceituais em Mecânica Clássica. Os autores verificaram que os alunos possuem pouco amadurecimento com relação ao conteúdo e que prevalecem conceitos de senso comum. Gonçalves Jr e Barroso (2014) apresentaram um estudo sobre as questões da prova de Ciências da Natureza

do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) dos anos 2009, 2010 e 2011, e constataram que o percentual de acerto na maioria das vezes é baixo. Estas duas citações evidenciam o pouco aprendizado dos conceitos da Física dos alunos após cursarem o Ensino Médio.

Talim (1999) estudou a compreensão de alunos do Ensino Médio com relação à terceira lei de Newton e verificou a existência de conceitos espontâneos, demonstrando que as dificuldades representam três diferentes situações: um corpo móvel que colide com uma parede ou um grande corpo imóvel; corpos que interagem com forças de longo alcance; corpos móveis em contato um com outro. De acordo com o autor, o professor pode considerar estas situações na sua prática didática para que se alcance um maior aprendizado da terceira lei de Newton pelos alunos. Strieder e Becker (2010) aplicaram um questionário referente à terceira lei de Newton para alunos do primeiro ano de Engenharia Civil no intuito de refletir sobre a aprendizagem de conceitos básicos da Física na Educação Básica. Os dados sócio-educacionais desta pesquisa indicaram que muitos alunos possuíam condições estruturais bastante adequadas para compreender a terceira lei de Newton.

Zanotello e Almeida (2007) analisaram as respostas de um questionário respondido pelos alunos do Ensino Médio após lerem um livro sobre Isaac Newton a partir da Análise de Discurso na linha francesa e verificaram que há muitas possibilidades do professor auxiliar na aprendizagem de conteúdos de Física por meio da formação de uma cultura científica dos alunos.

## **2. Metodologia no ensino de Física**

A metodologia tradicional valoriza os mecanismos que resultam no comportamento observável dos indivíduos e não considera o que ocorre na mente dos alunos, em que a aprendizagem ocorre devido ao reforço e à repetição. As estratégias e metodologias utilizadas pelos professores estão essencialmente condicionadas a criar mecanismos de respostas e a repetí-las tantas vezes quantas fossem necessárias (ROSA; ROSA, 2007).

Gomes e Belline (2009) definem dois tipos de professores de Física ancorados no método tradicional: o empirista e o inatista. O primeiro divide a disciplina em teoria e prática, defende a experimentação, a repetição e a transmissão do conteúdo, acreditando ser possível ensinar qualquer pessoa. O segundo culpa o aluno pelo seu fracasso escolar, defende os que apresentam facilidade na disciplina e adotam posturas discriminatórias para com índios, negros, pobres e grupos que consideram não possuir condições para aprender. A base epistemológica que orienta a maioria dos professores de Física em sua prática pedagógica é a

empirista e para alcançar a formação de cidadãos participantes, democráticos, criativos, solidários, críticos, autônomos e responsáveis propõem reflexões que promovam mudanças no ensino. Os autores defendem que a escola por meio do adestramento meramente cognitivo formará analfabetos científicos, sem autonomia, criatividade ou senso crítico.

Sales, Oliveira e Pontes (2010) e Rosa (2003) afirmam que o ensino de Física se efetiva pela transmissão de conteúdos por meio da apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado com a realidade do aluno.

Bonadiman e Nonenmacher (2007) destacam como causas das dificuldades na aprendizagem da Física: a dualidade formalismo escolar e cotidiano dos alunos; a fragmentação dos conteúdos; a forma linear de ministrar os conteúdos, sem interdisciplinaridade e dando pouca importância à parte experimental e aos conhecimentos do aluno; a ciência concebida como um produto acabado. Os autores destacam que as dificuldades de aprendizagem são mais críticas em Física e além disso os alunos passam a não gostar da disciplina e guardam recordações negativas a seu respeito, realizando um estudo pouco prazeroso, o que gera neles frustração.

Vale acrescentar alguns fatores apontados por Moraes (2009) e que contribuem para que o ensino de Física não seja tão agradável aos alunos: aulas que não atendem aos objetivos do aluno; professores mal preparados para ministrarem as aulas; recursos e metodologias ultrapassados. Para o autor isso evidencia a importância de debates no que tange à minimização dos efeitos negativos à realidade pouco agradável que se encontra o ensino de Física.

Por trás da não aprendizagem de Física pode estar o motivo pelo qual muitos alunos mudam suas expectativas futuras de carreiras ou áreas de conhecimento e atuação profissional, devido à frustração e visão negativa que podem desenvolver e, conseqüentemente, buscam outras áreas, talvez distantes de seu real desejo. Reflexões e pesquisas acerca da metodologia aplicada no ensino de Física no Ensino Médio se tornam importantes no tocante a avançar na busca de melhorias para o ensino e aprendizado dos alunos.

Todavia, as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao estudarem a disciplina Física não é um problema exclusivo do Brasil. Segundo Fiolhais e Trindade (2003) um grande número de alunos no ensino secundário em Portugal (que equivale ao Ensino Médio no Brasil) não tem sucesso no estudo da Física. Esses autores ponderam que um fator que torna os conceitos de Física de difícil compreensão é que no seu ensino são apresentados conceitos que fazem com que muitos alunos não relacionem a Física com seus cotidianos.

Sales, Oliveira e Pontes (2010) defendem a aproximação do conhecimento prévio dos alunos com o conhecimento científico para que sintam a necessidade de obter mais informações, atuando como sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem, removendo o medo que muitos têm de explorar, de manipular e de descobrir. Os autores afirmam que a autonomia faz com que o aluno solucione problemas pertencentes à sua realidade e de exames vestibulares, quando necessário, levando-o a questionar a importância da Física em sua formação, e apontam a necessidade de mudanças no paradigma atual.

Bonadiman e Nonenmacher (2007) afirmam que muitos fatores fogem do alcance do professor, mas que alguns dependem de sua prática pedagógica em sala de aula, dentre eles a metodologia aplicada em suas aulas, e defendem que o gostar de aprender Física está relacionado com a importância dos conteúdos para a formação do aluno e sua vida, preparando-o para a vida, e que o gostar de aprender está relacionado com a metodologia de ensino.

A própria política educacional brasileira para esse nível do sistema de ensino, por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) de 2015, reconheceu a necessidade de mudanças no ensino de Física e enaltece as mudanças que já vêm ocorrendo no tocante a não se resumir a Física à utilização de fórmulas em variados exercícios descontextualizados (BRASIL, 2015).

O PCNEM evidencia a relevância e a importância de alternativas de mudanças que possam ocorrer no intuito de melhorar este quadro. Neste sentido, pesquisas e estudos relacionados à qualidade do ensino de Física para se constatar a concepção dos professores acerca dos objetivos desta disciplina, verificar os resultados acerca de adoção de metodologias alternativas, entre outros, se tornam necessários.

Souza Júnior (2006) atribui ao método de ensino o fato de muitos alunos rejeitarem a Física. Para o autor, embora muitos alunos consigam obter resultados satisfatórios com a aprendizagem memorística de fórmulas, esse não é o caso da maioria.

A aprendizagem memorística, além de não possibilitar ao aluno relacionar o que aprende com a realidade social, compreendendo como os conceitos da Física estão presentes, limita as suas possibilidades de pensar dialeticamente os fenômenos da Física, o que é indispensável para que o aluno amplie sua compreensão do mundo físico e natural, considerando sua relação com a sociedade.

Mazur (2013) afirmou que são poucas as alternativas metodológicas concretas apresentadas no ensino de Física em nível médio e propuseram o uso combinado de dois métodos: Instrução pelos Colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM), focados na

aprendizagem significativa de conceitos e procedimentos.

Amantes e Borges (2011) propuseram uma intervenção educacional com a aplicação de uma Unidade Temática sobre o funcionamento da televisão, em que os alunos dos primeiro e terceiro anos do Ensino Médio desenvolveram atividades guiadas pelo material, fizeram simulações no computador e registros escritos. Os autores elaboraram o Mapa de Episódio para analisar as aulas em relação ao engajamento, à aprendizagem de conteúdos e à interação com o material, e verificaram que os alunos das duas séries tiveram resultados diferentes na aceitação do material e no foco de atenção do estudo, apontando que questões relativas às diversidades podem influenciar na aprendizagem.

Driver et al. (1999) defendem que a aprendizagem das ciências é um processo de enculturação e argumentam que o conhecimento científico é discursivo, em que as atividades discursivas socializam os alunos com relação ao conhecimento e às práticas da ciência escolar. Os alunos têm representações que são construídas, comunicadas e validadas na cultura do cotidiano, sobre fenômenos explicados pela ciência, e se desenvolvem no convívio dos indivíduos inseridos em uma cultura. A aprendizagem se torna difícil caso os fenômenos forem distantes das representações científicas. O professor deve propor idéias ou ferramentas culturais que possibilitem dar sentido a essas idéias e monitorar como as atividades elaboradas por ele estão sendo interpretadas.

Dias (2001) defende a História de uma ciência para explicar o motivo da presença de determinadas categorias conceituais naquela ciência, facilitando o entendimento do significado dos conceitos, realçando problemas e questões que levaram cientistas a formularem determinado conceito.

A História é o foro, onde a análise conceitual pode ser feita; ela permite rever conceitos, criticá-los, recupera significados e os entende à luz de novas descobertas. Ela é, pois, o instrumento da formação intelectual e da assimilação de conceitos. Consequentemente, a História de uma ciência é essencial à heurística da descoberta científica. Ela é o instrumento de formação de pensadores. Na medida em que critica, ela subverte, mas dentro de métodos e categorias do pensamento (Dias, 2001, p. 226).

As pesquisas acima mencionadas são reveladoras de que os estudantes acham importante aprender Física, mas a consideram uma disciplina difícil de ser aprendida, os métodos de ensino adotados pelos professores de Física não contribuem para que os alunos identifiquem relações entre os conteúdos da Física e a realidade, há despreparo dos professores para ensinarem o conteúdo, a não aprendizagem gera uma visão negativa e frustração nos alunos, podendo interferir em suas expectativas e decisões quanto à sua vida futura e buscando outras áreas de conhecimento que não contemplem a Física (VEIT;

TEODORO, 2002; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003; SANTOS; ALVES; MORET, 2006; MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008; MORAES, 2009; BONADIMAN; NONENMACHER, 2007).

Em contrapartida com os resultados das pesquisas retro mencionadas, Costa e Oliveira (2011) analisaram dados estatísticos de fontes oficiais e da literatura, e verificaram que os professores do Ensino Médio não contam com condições de trabalho e remuneração condizentes com as demandas, podendo resultar em uma baixa atratividade da carreira do magistério.

O vínculo profissional pode garantir uma maior estabilidade trabalhista ao docente e a extensão da jornada de trabalho também é um fator importante para se ter um ensino de qualidade, pois cargas de trabalho excessivas podem adoecer e propiciar dificuldades na atualização profissional docente. A qualificação profissional na área específica, a formação continuada e o reconhecimento destas condições pela ascensão funcional garantida em plano de carreira são também importantes condições de valorização e motivação profissional (Gouveia et al., 2006).

Souza (2009) fez um levantamento por meio de pesquisas bibliográficas e encontrou que os fatores que levam à precarização da atividade docente são: trabalho demasiadamente burocrático, os baixos salários, cobrança da direção no cumprimento das obrigações, violência, demandas de pais de alunos, excesso de informações, desgaste físico e a falta de reconhecimento social de seu trabalho.

Segundo o Censo Escolar de 2015, cerca de 38,7% dos professores das escolas da rede pública ministram aulas de disciplinas das quais não possuem formação na área e menos da metade, 47,2%, são ocupadas por professores licenciados ou bacharéis com complementação pedagógica nas áreas em que atuam. O caso mais crítico é na área da Física, em que 68,7% dos professores que atuam nesta área não possuem formação específica (INEP, 2015).

Estes acontecimentos culminam em mitos com relação à Física e reforçam a crença, muito difundida entre as pessoas, que a disciplina é muito difícil de ser compreendida. Dificuldades enfrentadas ao aprender um determinado conteúdo ou em determinada disciplina é normal. O anormal é considerar que a grande maioria dos alunos não tem a capacidade de aprender o que é ministrado em uma determinada disciplina.

### 3. Formação de professores

Rosa e Rosa (2005) afirmam que muitos professores tiveram suas formações influenciadas pela visão conteudista e que esta abordagem causa, na maioria das vezes, o desinteresse e o distanciamento dos alunos em relação à disciplina, assim como, em muitos casos, o não alcance dos objetivos propostos. A presença do método tradicional pode ser identificada nas apostilas e livros didáticos de Física que apresentam um modelo de exercício resolvido e a seguir uma lista interminável de outros, favorecendo a aprendizagem por repetição e por reforço (ROSA; ROSA, 2007).

Souza Júnior (2006) afirma que os professores utilizam a mesma metodologia que seus professores usavam e que, provavelmente, os futuros professores também utilizarão: a metodologia tradicional. Por isso, defende o autor, é necessário tomar providências no que se refere à busca de um ensino de Física de melhor qualidade, no sentido de mudar a maneira pela qual os alunos vêm sendo ensinados.

A maioria dos professores não dá continuidade em suas formações após a graduação (GOMES; BELLINI, 2009). Este fato revela que muitos deles atuam em sala de aula reproduzindo a metodologia tradicional aprendida na formação inicial. Muitos cursos da formação continuada também são ancorados neste paradigma, o que dificulta a concretização de mudanças nas formas de ensinar desses professores. Vale ressaltar que uma parcela importante da mudança do cenário negativo que se verifica no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de Física no Ensino Médio depende de profundas mudanças na formação dos professores que ensinam essa disciplina.

Entre os autores que mostraram alguma preocupação com o ensino, encontram-se Bonadiman e Nonenmacher (2007, p. 196) que levantam duas questões:

Essa falta de motivação do aluno para o estudo da Física e os conseqüentes problemas de aprendizagem não estariam associados ao tipo de ensino de Física praticado nas escolas? O que se pode fazer para que mais estudantes passem a gostar da Física e, conseqüentemente, melhorem seu aprendizado?

Esse questionamento remete, necessariamente, a considerar as ações do professor ao ensinar e à influência dessas ações no tipo de aprendizagem dos alunos. Um processo de ensino e aprendizagem que envolva o aluno, tornando-o sujeito participativo e co-responsável por seu processo de aprender os conceitos de Física, que lhe possibilite relacionar os conceitos estudados ao seu cotidiano, pode levar a mudanças em sua aprendizagem, inclusive ajudando a superar a visão negativa a respeito da Física. Os cursos de formação de professores devem discutir questões relacionadas ao método de ensino, em que a utilização

adequada dos mesmos pode viabilizar resultados almejados no ensino de Física. Em outras palavras, significa dizer que para ensinar os alunos a pensar dialeticamente, importa definir, ao mesmo tempo, os conteúdos que permitem a eles o exercício deste pensamento e o modo sob o qual esse exercício é viável. Nesse sentido, os professores poderiam se beneficiar da maior compreensão do processo de ensino-aprendizagem das contribuições no campo da Pedagogia e, mais especificamente, no da Didática.

Borges (2006) ao analisar a literatura científica, que aborda as questões pedagógicas do ensino de Física, em particular, os métodos de ensino, verificou que eles não têm sido valorizados pelos docentes universitários, os quais atuam na formação de futuros professores de Física, e que há resistência por parte deles em reconhecer o valor e a contribuição da literatura que trata dos métodos do ensino.

#### **4. Teorias de aprendizagem no ensino de Física**

O método skinneriano de ensino e de aprendizagem acabou sendo questionado ainda na década dos anos 70 e surgiram teorias de aprendizagem que valorizam os processos mentais. A psicologia por meio das teorias de aprendizagem oferece a oportunidade de reflexão sobre as dificuldades dos alunos no aprendizado da Física, discutindo o processo de aprendizagem e influência das estratégias, metodologias e os materiais instrucionais utilizados no ensino. Pesquisas vinculadas à Jean Piaget, David Ausubel e Lev Vygotsky como forma de propor alternativas para o processo ensino-aprendizagem foram realizadas, trazendo interpretações de acordo com o teórico considerado e apontando elementos diferentes para o processo ensino-aprendizagem, e este campo da psicologia permanece presente ainda hoje, sofrendo pequenas variações, mas sempre tendo como referência o processo de construção do conhecimento. Para estes autores a aprendizagem centra-se na capacidade do educando de ler e interpretar o mundo, ultrapassando a ênfase dada pelos behavioristas, como Skinner (ROSA; ROSA, 2007).

Muitos pesquisadores (FREITAS, 2011a; MENEZES, 2011; MAIA, 2011) estão estudando metodologias alternativas para o ensino de Física, uma vez que acreditam na necessidade de mudanças e visam o alcance de melhor aprendizagem pelos alunos. Nessas pesquisas identificou-se a utilização de referenciais teóricos fundamentados em Ausubel, Piaget, Dewey, Vigotsky, dentre outros.

#### 4.1 PIAGET

Jean Piaget contribuiu para o ensino de Física de diferentes formas, destacando sua influência na elaboração e organização curricular do sistema educacional brasileiro, cujo referencial passou a ser os períodos de desenvolvimento mental, ocorrendo nas séries mais avançadas, pois a Física necessitava do pensamento formal, etapa presente nos estudantes por volta dos doze anos de idade, passando a integrar os currículos na etapa final do Ensino Fundamental (ROSA; ROSA, 2007).

Souza (2011) propôs uma possível abordagem para os conceitos de velocidade e aceleração no Ensino Médio consoante com o prisma através do qual enxerga-se a Cinemática e estes conceitos que correspondem ao seu cerne. Para isso, propôs-se três conjuntos de atividades investigativas abordando conceitos de velocidade e aceleração que partem de problemas concretos e a discussão é mediada por perguntas a serem respondidas pelos alunos.

Ludovico (2011) investigou a noção de conservação de energia dos alunos do Ensino Médio e encontrou três níveis de desenvolvimento para a noção de conservação de energia, sendo nível I: não conservação das variáveis à conservação de energia na Física; nível II: não conservação da energia total do sistema, mas com conservação da inversão entre energia cinética e potencial; e nível III: conservação das variáveis referentes à conservação de energia na Física. A pesquisa foi realizada em uma turma de Ensino Médio e buscou obter as repercussões de uma estratégia de ensino baseada na noção de conservação de energia, tratada como tema transversal dentro de diferentes contextos da Física.

#### 4.2 DEWEY

John Dewey contribuiu com o movimento pedagógico progressivista e fundou a escola filosófica de Pragmatismo, estabelecendo uma relação entre o indivíduo e a sociedade. Dewey defende que a finalidade dos conhecimentos adquiridos pelo aluno na escola são para ajudá-lo a solucionar problemas enfrentados em seu cotidiano e para torná-lo um cidadão crítico, devendo não apenas memorizar o conteúdo e sim desenvolver a capacidade de raciocínio.

Silva (2011) visou a construção de instrumentos interpretativos com base em confluências dos pensamentos de Nelson Goodman, John Dewey e Ludwig Wittgenstein no âmbito da epistemologia, a fim de ir ao encontro dos méritos destas filosofias para a liberação de modos valiosos de relacionamento com os saberes científicos.

Pereira (2011) verificou que as práticas de trabalho colaborativo, envolvendo a

interação entre os alunos através do diálogo em sala de aula contribuirão para o desenvolvimento de competências como a argumentação e a condição de emancipação.

Oliveira e Corrêa Filho (2007) relatam uma experiência com dez alunos do segundo ano do Ensino Médio na realização de atividades experimentais, fundamentadas na teoria progressivista de John Dewey. Cada dupla realizou a prática, a observou e chegaram a conclusões, e as apresentaram às demais duplas, promovendo um debate mediado pelo professor, possibilitando que aprendessem. Após as atividades experimentais, os alunos passaram a ter uma concepção diferente da Física. As atividades experimentais favorecem o aprendizado e desenvolvem a capacidade de argumentação.

#### 4.3 AUSUBEL E NOVAK

Ausubel e Novak destacam por serem importantes referenciais no processo de ensino e aprendizagem da Física. Os autores fundamentam suas teorias na apresentação da associação da aprendizagem ao significado de organização e integração do material na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel é referência pelo fato de muitos dos exemplos expostos pelo autor nas suas obras estavam frequentemente vinculados ao processo de aprendizagem dos conteúdos da Física. Essa identificação de Ausubel com a aprendizagem dos conceitos e fenômenos da Física levou vários pesquisadores desta área de ensino a considerarem a teoria ausubeliana nos seus estudos (ROSA; ROSA, 2007).

Freitas (2011a) investigou e identificou o perfil do professor de Ciências das séries iniciais do Ensino Fundamental, e buscou compreender como a formação influencia nas aulas, no planejamento e na escolha dos conteúdos ministrados. Analisou-se as coleções didáticas das séries iniciais do Ensino Fundamental e as respostas dos professores presentes nos questionários. Preparou-se um material resultado destas análises feitas que consistiu na escolha do conjunto de pequenas experiências possíveis de serem realizadas na escola.

Menezes (2011) apresentou uma proposta que visa facilitar o processo de ensino-aprendizado da Inércia por meio de desenhos animados e revistas em quadrinhos do Tintim. A proposta consistiu na exibição de desenhos animados, discussão entre os alunos e a professora sobre as principais cenas, leitura de revistas em quadrinhos pelos alunos com os mesmos episódios assistidos para uma discussão em grupos e na aplicação de um questionário com questões sobre Inércia. O estudo revelou que os alunos se sentem mais motivados e envolvidos nas aulas, apresentando um nível de aprendizagem superior, percebendo como a Física está relacionada à sua realidade.

Maia (2011) criou uma ficção na qual foram apresentados aspectos históricos, conceitos e ideias da Física das partículas elementares no intuito de oferecer uma maneira divertida e rica em analogias para apresentar o modelo padrão da Física de partículas a estudantes do Ensino Médio. Aplicou-se dois questionários, antes e depois da apresentação da história fictícia, em duas turmas de Ensino Médio. Concluiu-se que houve ganhos na aprendizagem ao permitir que idéias e conceitos básicos fossem aprendidos de maneira mais atrativa e estimulante.

Ribeiro (2011) relatou uma experiência didática da produção e aplicação de um curta metragem de animação 3D com o objetivo de auxiliar a aprendizagem do conceito Momento de uma Força pertinente ao ensino de Física, sendo produzido por meio de programas livres nas seguintes etapas: modelagens da personagem e do cenário; animação; iluminação e processamento digital das imagens. O curta foi apresentado aos alunos do Ensino Médio. Utilizou-se pré e pós-testes, e registrou-se os comentários dos alunos durante as aulas. A pesquisa revelou resultados satisfatórios na preparação da estrutura cognitiva dos aprendizes, em que o curta facilitou a aprendizagem significativa e possibilitou uma maior aquisição e retenção do conceito tratado.

Barros (2011) propôs oferecer um material significativo para futuros professores de Física, fundamentado em Ausubel, que incluía a notação de Dirac na sua formação, permitindo que o futuro educador compreenda os fenômenos quânticos. O material é baseado na álgebra vetorial, possui um texto sobre o fenômeno da interferência com elétrons com notação de Dirac, possui um estudo dirigido e foi aplicado a alunos da licenciatura em Física. A pesquisa revelou que os professores formados em Física apresentam dificuldades no entendimento do conteúdo de Física Quântica, o que acarreta em prejuízos no que se refere à aprendizagem dos alunos dentro de sala de aula.

Cardoso (2011), fundamentado em Ausubel, elaborou uma sequência de atividades caracterizada pelo uso de simulações computacionais no ensino de Física a partir do efeito fotoelétrico, permitindo que os alunos visualizassem e interagissem com fenômenos físicos difíceis de serem reproduzidos em um laboratório. A sequência consiste do pré-teste, organizadores avançados, simulação computacional usando um roteiro de atividades, organizadores explicativos, e teste de avaliação final e foram aplicados a alunos do Ensino Médio. Concluiu-se que a maioria dos alunos compreendeu os conceitos gerais relacionados ao fenômeno ao participarem das atividades. Acredita-se que o uso de simulações computacionais contribuiu significativamente para este resultado e o produto pode ser aplicado a estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

Granada (2011) apresentou uma proposta de inserção de temas atuais como Nanociência e Nanotecnologia no Ensino Médio por meio da Física Moderna e Contemporânea. Desenvolveu-se e aplicou-se módulos didáticos para alunos do terceiro ano do Ensino Médio e que se adaptam aos currículos escolares e orientações sugeridas pelo PCNEM e também abordam tópicos de propriedades ópticas de materiais. O material foi organizado em forma de um sítio eletrônico com cinco módulos virtuais que possuem textos dissertativo-argumentativos e recursos de mídia. A elaboração e aplicação do material foram ancorados em Delizoicov e Angotti. Obteve-se resultados satisfatórios no ensino e aprendizagem dos objetivos propostos. A avaliação dos novos conceitos adquiridos foi realizada por método comparativo de mapas conceituais e obteve resultados satisfatórios no ensino e na aprendizagem dos alunos.

Nunes (2011) investigou as contribuições dos objetos de aprendizagem e suas potencialidades na apropriação de conceitos físicos por estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública do Distrito Federal. A metodologia e os recursos se fundamentaram na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, e a coleta de dados nos mapas conceituais de Novak. O questionário, a observação das habilidades dos alunos quanto ao uso da informática, a interação com os objetos de aprendizagem e o mapeamento conceitual subsidiaram a interpretação crítica e o entendimento dos objetivos da pesquisa. A investigação foi dividida em simulação, animação e vídeo no laboratório de informática no intuito de introduzir os conceitos físicos. Observou-se mudanças significativas na apropriação dos conceitos físicos e motivação para aprender advinda da utilização dos objetos de aprendizagem. A teoria de Ausubel contribuiu para a aprendizagem significativa dos alunos e que o mapeamento conceitual mostrou-se importante no decorrer da avaliação docente.

Oliveira (2011a) teve como objetivo desenvolver conteúdos de Física, sendo eles Astronomia, Cinemática e Termodinâmica, em aulas de Matemática com alunos de quinta a oitava série do Ensino Fundamental. Adotou-se a teoria dos campos conceituais de Vergnaud e a teoria da mediação de Vygotsky. As atividades foram compostas de um pré-teste, de um pós-teste, de textos de apoio ao professor e de guia de atividades práticas. Os alunos da quinta série construíram maquetes representando astros e ilustrando fenômenos do Sistema Solar. Os alunos da sexta e da sétima séries utilizaram a Cinemática na construção de simulações com o software Modellus. Os alunos da oitava série usaram a Termodinâmica na elaboração de experimentos de construção de um aquecedor solar, por exemplo. O material produzido ficou disponível a qualquer professor para consulta.

Moraes (2012) procurou compreender como o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) pode contribuir para facilitar a Aprendizagem Significativa no ensino de Física. Utilizou-se a pontuação sugerida por Gowin e Alvarez (2005) na análise quantitativa dos mapas, gerando um escore de cada um. Utilizou-se níveis de classificação da Taxonomia de Cañas et al. (2006) na análise quantitativa dos mapas. Observou-se indícios de aprendizagem significativa advindas da aplicação das TIC.

Paiva (2012) relatou o processo de elaboração e aplicação de um material didático que consiste em uma cartilha sobre a exploração, produção e propriedades físicas, e discussão do impacto ambiental e da história do petróleo. A aula foi elaborada com atividades envolvendo vídeos, experimentos e objetos de aprendizagem acerca dos assuntos discutidos, dirigido a professores do Ensino Médio, baseado na interface entre a Física e a Engenharia do Petróleo. Os dados coletados por meio de um questionário, aplicado antes e após as atividades, permitem identificar o envolvimento e a motivação dos estudantes, participantes ativos do processo de construção do conhecimento. Os recursos computacionais e a ênfase na relação entre energia e petróleo contribuíram para o aprendizado dos alunos.

Francisco (2012) investigou o uso de um simulador computacional no ensino de Física, numa turma da segunda série do Ensino Médio, tomando como referência uma intervenção didática, que consistiu no uso de uma corda como uma das tentativas de resgatar alguns conceitos prévios dos estudantes e o simulador computacional para que os alunos pudessem perceber que alguns conceitos associados ao estudo das ondas numa corda são bem mais detalhados com a utilização do simulador computacional, com intuito de verificar o interesse e a aprendizagem dos estudantes. O simulador computacional se constituiu em uma ferramenta que tornou a intervenção didática mais atrativa e estimulante para a aprendizagem.

Oliveira (2011b) analisou as visões de mundo e a relação dos estudantes com o relatório tradicional e com o laboratório de ensino. Os resultados mostraram que os alunos possuem boa aceitação ao Vê de Gowin, um instrumento heurístico muito utilizado para explicitar o processo de produção do conhecimento, sendo utilizado em contraposição ao relatório tradicional.

Oliveira (2012a) elaborou uma unidade didática em nível de Ensino Médio sobre conceitos fundamentais de Eletromagnetismo, adequada para utilização com os métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas, e implementá-la em uma turma. O material e os métodos foram embasados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na teoria Sociointeracionista de Vygotsky. As doze aulas foram divididas da seguinte forma: sete destinadas à aprendizagem conceitual via os métodos Ensino sob Medida e Instrução pelos

Colegas; três para resolução de problemas numéricos tradicionais; dois para aplicação do teste inicial e final. A proposta contou com textos de apoio, vídeos, questões conceituais e questões numéricas, um teste conceitual, um minidocumentário e um questionário de avaliação da aplicação dos métodos. Obteve um ganho de aprendizagem estatisticamente significativo e a receptividade dos alunos aos métodos foi bastante positiva.

Rosa (2012) estruturou uma unidade didática que abordou a relação newtoniana entre força e movimento, com ênfase em seus aspectos conceituais, diferentemente das abordagens presentes nas atuais sequências didáticas que privilegiam os aspectos matemáticos. Foi utilizado um texto envolvendo alguns aspectos históricos da relação newtoniana entre força e movimento, e o planejamento da aula com guias de atividades baseados na utilização dos softwares Modellus e Tracker, e de alguns experimentos. A análise do questionário mostrou que a utilização do computador pode ser considerada pelos alunos como uma ferramenta útil quando associada ao uso de experimentos de Física e interação com o professor.

#### 4.4 VIGOTSKY E SEGUIDORES

As ideias de Vygotsky chegaram ao Brasil e passaram a influenciar estudos na área do ensino de Física, fundamentando-se na influência do contexto social e cultural no qual o aprendiz está inserido como fator determinante na sua aprendizagem, ou seja, na formação dos conceitos. Neste sentido, os conhecimentos prévios que os alunos trazem para a escola são elementos primordiais para a discussão e posterior apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos. A teoria de Vygotsky aproxima-se das teorias críticas de educação, ancoradas no marxismo, vai ao encontro da necessidade de avanço do conhecimento desenvolvido no ambiente escolar no sentido de proporcionar uma formação crítica e humana dos indivíduos e passou a ser referencial nas pesquisas de ensino da Física (ROSA; ROSA, 2007).

No Brasil, embora ainda de forma tímida, a Teoria Histórico Cultural vem sendo utilizada em estudos e pesquisas abordando questões do ensino e da aprendizagem de Física. Entre estes predominam os que se fundamentam em Vygotsky.

Gehlen *et. al* (2012) investigaram a utilização da teoria de Vigotsky como referência em estudos na área de Física em trabalhos publicados em anais de eventos e artigos em periódicos. Como resultado mostraram que se destacam as reflexões focadas na tecnologia da informação, materiais, métodos e estratégias de ensino, processo de ensino-aprendizagem e cognição, a análise de estratégias voltadas para o ensino de Física, em especial as organizadas

em atividades experimentais e computacionais.

Gaspar (1997) apresenta uma reflexão sobre o insucesso das propostas educacionais para o ensino de Física realizadas nos últimos cinquenta anos, tendo por hipótese o deslocamento do professor do centro do processo educacional como causa principal do insucesso na aprendizagem e enaltecendo a teoria de Vigotsky. O autor conclui que é preciso recolocar o professor no centro do processo educacional, tornando-o de fato o parceiro mais capaz de quem os alunos jamais vão poder prescindir.

Boss *et. al* (2012) analisaram a importância educativa do ensino de conteúdos de Física nos anos iniciais do Ensino Fundamental a partir de uma experiência didática com alunos do 5º ano, em que foram utilizados cinco experimentos sobre eletricidade e magnetismo, sendo eles carrinhos com ímãs, ímãs no tubinho, circuito elétrico, circuito elétrico em paralelo e eletroímã. Chegou-se à conclusão que a teoria vigotskyana pareceu fecunda para orientar as atividades com estes discentes, pois houve maior formação de pseudoconceitos, apropriação de novas palavras e agregação de significados a palavras conhecidas pelas crianças.

Dorneles, Araújo e Veit (2012) apresentaram um estudo exploratório com alunos do ensino superior objetivando avaliar o uso de atividades experimentais juntamente com atividades computacionais no ensino de circuitos elétricos de corrente contínua e alternada. Os autores observaram que as atividades propiciaram situações capazes de promover a interação social defendida por Vigotsky.

Rosa e Rosa (2004) ao estudarem sobre a preocupação de docentes universitários com a apropriação do conhecimento específico, mostram que teoria histórico-cultural fornece um *insight* sobre como, de fato, se efetiva uma aprendizagem baseada na apropriação do conhecimento, atribuindo enorme importância ao papel da interação social no desenvolvimento do ser humano.

Almeida (1992, p. 20-21) escreve que as

[...] condições sócio-históricas e processos de pensamento envolvidos na construção do saber científico são, às vezes, incorporados no processo de difusão de materiais instrucionais, mas, raramente, se contrapõem visões alternativas. [...] No segundo grau, mesmo quando o professor não adota determinado manual, este exerce sua influência na maneira como as aulas são ministradas, na seleção de exercícios e na seqüência dos conteúdos a serem trabalhados. Nos manuais, os resultados obtidos pela comunidade científica são apresentados ao estudante na forma de definições formais, enunciados de leis e princípios e cálculos de exercícios pensados para condições ideais. Muitas vezes, no prefácio ou no primeiro capítulo, a física é apresentada como ciência da natureza, mas, no restante do livro, na metalinguagem na qual ele é escrito, transparece uma ciência estática, consensual e, principalmente, desarticulada da sociedade que produz. E a qualidade de um deles geralmente é julgada por comparação com os demais, sem que se questionem elementos fundamentais como o conteúdo de que tratam (ou deixam de tratar) ou as idéias

sobre ciência que subentendem.

Hohenfeld e Penido (2009) discutiram estratégias de ensino dos experimentos históricos sobre a natureza da luz e as articulações com os laboratórios didáticos convencionais e virtuais, buscando nas teorias de Vigotsky o aporte teórico da prática pedagógica, e concluíram que os laboratórios convencionais e virtuais se complementam nas atividades experimentais.

Monteiro, Monteiro e Gaspar (2003) argumentam que a teoria de Vigotsky oferece contribuições para o processo de ensino e aprendizagem a partir de atividades experimentais de demonstração, podendo ser utilizadas como elemento de mediação, juntamente com a adequação da linguagem.

Marengão (2011), com base nas teorias de Vygotsky e de Davydov mostrou, por meio do experimento didático-formativo, a relevância desses referenciais para o ensino de ensino de Física, como uma alternativa voltada à formação do pensamento teórico dos alunos.

Monteiro (2011) propôs a utilização de temas de relevância social e familiares aos estudantes para o estudo dos temas científicos. Oliveira (2012b) sugeriu a construção de um termômetro de coluna líquida com materiais de baixo custo e com ele trabalhou vários conceitos da Física Térmica, alcançando bons resultados e envolvimento maior dos alunos no estudo dos conteúdos da disciplina.

Pereira Junior (2012) pretendeu ensinar eletricidade para crianças do quarto ano do ensino fundamental, sendo fundamentado na teoria de Vigotsky e na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, e mostrou que os alunos desenvolveram as atividades propostas e relacionaram o cotidiano deles com o conteúdo discutido em sala de aula.

Silva (2012a) investigou se os processos de elaboração de um vídeo possibilitam o aprendizado de conceitos científicos de Física com alunos do terceiro ano do Ensino Médio, fundamentando-se na Teoria Histórico-Cultural de Vigotsky, e encontrou evidências de aprendizagem em Cinematografia, nos conceitos de Radiações Ionizantes, e nas linguagens escrita, oral e visual.

Silva (2012b) tratou do conceito de interatividade dos recursos virtuais fundamentada na interação/mediação de Lev Vygotski, em sua teoria Sócio-Histórica, e verificou que o ponto forte do incremento dos recursos virtuais interativos no processo de ensino e aprendizagem é a interação dos sujeitos na resolução das tarefas.

Monteiro *et. al* (2010) apresentaram um experimento de baixo custo de um motor elétrico a partir das orientações da teoria sócio-histórica de Vigotski. Werlang *et. al* (2012) analisaram a aplicação da teoria sociointeracionista em roteiros abertos e contextualizados do

Laboratório de Física em um curso de Geofísica. Analisou-se os relatórios das atividades laboratoriais, as entrevistas com os alunos e a observação participante. Os roteiros em atividades de Laboratório de Física promoveram uma melhor aprendizagem e uma aquisição mais eficiente de habilidades e atitudes científicas quando comparada com a metodologia tradicional.

Arruda (2003) propôs uma alternativa no intuito de solucionar as dificuldades da aprendizagem de Física baseada na abordagem Histórico-Cultural, a Teoria da Atividade e Teoria da Generalização. As ações por meio da resolução de problemas possibilita os alunos estruturarem seus conhecimentos e aprenderem a importância da Física em linha com as premissas do pensamento científico.

Arruda e Antuña (2001) demonstraram por meio de uma pesquisa com alunos da engenharia que é possível elevar o nível de desenvolvimento do pensamento lógico por meio de um modelo pedagógico na disciplina Física, atendendo às exigências técnicas e científicas contemporâneas. Este trabalho avançou nos estudos da educação universitária no Brasil e podem repercutir no desenvolvimento humano, intelectual e educativo do futuro engenheiro. Os autores propuseram três tipos de atividades de estudos que o professor pode adotar em suas aulas e verificaram que elas superam as dificuldades do ensino tradicional e as limitações do trabalho experimental que não atende a essência da atividade da ciência.

Estes estudos mostram a preocupação com mudanças no ensino de Física e apontam a fertilidade da abordagem histórico-cultural, especificamente a teoria de Vigotsky.

## **5. Contribuições, alcances e limites das pesquisas**

As pesquisas encontradas na revisão de literatura mostram a preocupação dos autores com a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem dos alunos no ensino de Física, buscando referenciais teóricos e propondo pesquisas que objetivaram contrapor com o ensino tradicional praticado nas escolas. Estes estudos possibilitaram fazer inferências de cunho científico que o ensino tradicional é um dos motivos do insucesso da maioria dos alunos, da pouca e com baixa qualidade da aprendizagem dos mesmos em sala de aula. Os resultados das pesquisas mostram que metodologia aplicada no ensino de alguns conteúdos influenciam positivamente na qualidade do aprendizado dos alunos e muitas vezes desperta os motivos para que estudem. As pesquisas trazem discussões e propostas que se distanciam do ensino tradicional, colocando o aluno como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem, contextualizando o conteúdo científico com cotidiano dos alunos, utilizando a história do

desenvolvimento dos conceitos científicos, resultando no avanço de discussões e reflexões nas metodologias aplicadas no ensino de Física.

Embora as diversas pesquisas dos autores encontrados nessa revisão da literatura apresentem em comum a afirmação de que há problemas no ensino escolar de Física, eles não chegam a discutir de forma mais aprofundada a relação desses problemas com a organização do ensino, com o método de ensino e como esse método incide, ou não, na motivação dos alunos para aprender, em seu envolvimento e participação no processo de ensino e aprendizagem.

O estudo realizado por Rezende, Ostermann e Ferraz (2009) mapeou o estado da arte da produção nacional sobre o ensino de Física no período de 2000 a 2007 e as autoras concluíram que as pesquisas se concentram na área de elaboração de experimentos de Física, metodologias e estratégias de ensino, e elaboração de recursos didáticos, e acreditam que a mesma constatação se deu nos anos anteriores a 2000, mesmo não tendo dados para se comprovar, e interpretaram esta tendência como uma visão instrumentalista da pesquisa e tecnicista do processo educativo. Segundo elas, o resultado da pesquisa sugere mais pesquisas no campo teórico, promovendo reflexões e compreensões das diversas dimensões do processo educativo, e fomentar pesquisas que discutam o caráter da Física totalmente experimental e empirista.

Chaiklin (1999) revelou a necessidade de um maior aprofundamento nos conteúdos da Física e resolveu trabalhar com temas mais triviais, elaborando algumas relações básicas e não se preocupando se o núcleo foi encontrado. Segundo o autor, a identificação do conceito nuclear não é uma tarefa fácil de realizar em uma situação concreta. Resolveu conduzir experimentos de ensino em Física e ciência Física nas escolas de Ensino Médio na Dinamarca. Ele defende estes estudos utilizando dois argumentos: a análise do conteúdo e que o motivo da aprendizagem não é o mesmo para todos os alunos. A análise dos conteúdos é importante para que o professor estabeleça o conceito nuclear e possa trabalhar com seus alunos de forma satisfatória. É de extrema importância levar em consideração os motivos dos alunos, pois só haverá aprendizado se determinado conteúdo fizer sentido para o aluno.

Do exposto, depreende-se que para melhorar o ensino de conteúdos de Física se torna relevante avançar nas formas de superação do ensino tradicional que ainda está fortemente presente nas escolas por não atender a um projeto social de promover o desenvolvimento dos alunos, uma vez que se assenta no desenvolvimento apenas de funções mentais memorísticas e de reprodução mecânica de conteúdos. Por isso, são relevantes investigações, estudos e pesquisas que busquem alternativas pedagógicas e didáticas promissoras para o avanço da

qualidade da aprendizagem dos alunos nas aulas de Física. No entanto, poucas são as pesquisas voltadas a essas alternativas.

A presente pesquisa visa a busca pela formação omnilateral dos alunos por meio da metodologia empregada pelo professor, possibilitando reflexões e compreensões das dimensões do processo educativo, discutindo uma metodologia que se afasta daquela ensinada totalmente experimental e empirista, e buscando alternativas ao ensino tradicional da Física. O aporte teórico adotado foi a teoria do ensino desenvolvimental, proposta por V. V. Davydov, que reúne fatores importantes para o avanço na melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem dos alunos no ensino de Física destacados pelos autores referenciados na revisão de literatura, dentre eles a historicidade dos conceitos ministrados em sala de aula, participação ativa dos alunos no processo e contextualização do conteúdo ministrado com o cotidiano dos alunos.

## **CAPÍTULO II - A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL**

O presente capítulo é dedicado à apresentação da principal base teórica da presente pesquisa: a teoria do ensino desenvolvimental, elaborada por Vasili Vasilievich Davydov. A escolha desta foi motivada por acreditar que ela representa um aporte teórico-metodológico importante para concretizar mudanças no ensino de Física, não apenas visando elevar a aprendizagem dos alunos, mas contribuir para seu desenvolvimento integral, capacidade de análise, ação na vida social e pessoal por meio da apropriação dos conceitos da Física.

O capítulo inicia-se com a apresentação de aspectos gerais da teoria do ensino desenvolvimental. Em seguida são apresentados os conceitos da teoria que foram utilizados na pesquisa, sendo eles: formação de conceitos, método de ascensão do abstrato ao concreto, atividade, apropriação, zona de desenvolvimento proximal, atividade humana, prática intelectual de estudo; conhecimento, aprendizagem, desenvolvimento, pensamento empírico e pensamento teórico. Finalmente, objetivou-se a aproximação dos conceitos da teoria ao ensino e à aprendizagem das leis de Newton.

### **1. Aspectos gerais da teoria do ensino desenvolvimental**

Davydov foi um psicólogo russo, seguidor da Teoria Histórico-Cultural, pertencente à terceira geração da Escola Russa de Psicologia Histórico-Cultural (ou Escola de Vigotsky) (LIBÂNEO, 2004). Foi aluno da escola de Vigotsky, recebendo grande influência desta abordagem teórica, por meio de pesquisadores como Galperin e Elkonin. Influenciado por esses autores, e com o objetivo de subsidiar teoricamente mudanças no ensino-aprendizagem para promover a apropriação de conceitos e o desenvolvimento do pensamento dos alunos baseado no método da reflexão dialética, ele propôs a teoria do ensino desenvolvimental, em que incorpora elementos das teorias de Vigotsky e Leontiev. A principal questão que buscou responder foi por ele colocada nesses termos:

[...] o ensino e a educação de uma pessoa determinam os processos de seu desenvolvimento mental? Sendo a resposta afirmativa, seria possível afirmar que existe um ensino e educação desenvolvimental que influi sobre o desenvolvimento? Se existe, quais são suas regularidades? (DAVYDOV, 1988a, p. 12).

Davydov formulou sua teoria defendendo que o bom ensino é o desenvolvimental e que do conteúdo se originam os métodos de organização do ensino. Os alunos devem formar um modo de pensar teórico-conceitual, por meio da relação intencional do sujeito com o objeto, alcançando o conhecimento teórico. O ensino deve contribuir para os alunos

formarem um modo de pensar teórico-conceitual apropriando-se dos conceitos em oposição ao que se tem na escola tradicional os conceitos científicos são tratados sem distinção dos conceitos cotidianos (DAVYDOV, 1988a).

Davydov e Márkova (1987, p.143) criticam a escola tradicional por atender aos interesses do sistema capitalista, em que grande parte dos alunos que são filhos de trabalhadores recebem da escola "conhecimentos e habilidades mínimas, sem os quais é impossível obter uma profissão mais ou menos significativa na produção industrial e na vida social".

Davydov (1988a) entende que os conhecimentos são apreendidos empiricamente na metodologia tradicional, comparando-se os dados sensoriais, sistematizando-os para inclusão do objeto em uma determinada classe. O pensamento empírico é importante, mas limitado na formação de conceitos e no desenvolvimento integral. O ensino no modelo tradicional é organizado a partir dos fenômenos concretos, chegando nas características superficiais do objeto.

A função da escola para Davydov é assegurar o desenvolvimento das capacidades criativas e da independência cognoscitiva de forma que os alunos passem a operar mentalmente com os conceitos científicos interiorizados na escola. A concepção de ensino de Davydov (1988a, p. 91) parte da reprodução das "capacidades construídas historicamente, que estão na base da consciência e do pensamento teóricos: reflexão, análise e experimento mental".

Davydov afirma que

[...] os conhecimentos de um indivíduo encontram-se em unidade com suas ações mentais (abstração, generalização e etc). [...] Portanto, é legítimo considerar os conhecimentos de um lado, como o resultado das ações mentais que implicitamente contêm em si e, de outro, como um processo de obtenção desse resultado, no qual se expressa o funcionamento das ações mentais. Conseqüentemente, é totalmente aceitável usar o termo "conhecimento" para designar tanto o resultado do pensamento (o reflexo da realidade), quanto o processo pelo qual se obtém esse resultado (ou seja, as ações mentais). [...] Deste ponto de vista, um conceito é, ao mesmo tempo, um reflexo do ser e um procedimento da operação mental (DAVYDOV, 1988a, p. 165-166).

A teoria do ensino desenvolvimental se opõe à metodologia tradicional no ensino de Física que se baseia na preparação da aula pelo professor e a exposição do conteúdo por ele, apenas apresentando as conclusões obtidas pelos cientistas da área da Física, não mostrando para os alunos como este conhecimento foi desenvolvido e após esta transmissão do conteúdo, em que o aluno escuta passivamente tudo o que o professor tem a dizer, resolve listas com elevados números de exercícios para aprender mecanicamente e por repetição a aplicação do

conteúdo.

O professor deve almejar que seus alunos adquiram conhecimentos e para tanto ele deve planejar suas aulas, tendo em mente que todos os alunos devem se envolver na atividade de estudo e realizar as ações nela contidas, tal qual o professor propõe, pois existe um caminho do abstrato ao concreto a ser percorrido e todos devem percorrê-lo para formar o pensamento teórico, o conceito teórico do objeto que está sendo aprendido. Isso pode ser singular, particular, a depender da experiência sociocultural que cada um tem, o sentido que cada um atribui ao que aprende, devendo-se dar oportunidades a eles durante a aula para que isso ocorra, ou seja, despertar o caráter criativo dos alunos. O professor deve propor tarefas que o aluno tenha acesso ao desenvolvimento histórico do conteúdo a ser ministrado, de forma que ele tenha noção de como se deu a gênese e o desenvolvimento de determinado conceito.

O professor ao iniciar cada unidade deve identificar o conceito nuclear do objeto a ser estudado pelos alunos por meio da análise lógico e histórica do conteúdo a ser estudado. Com base nesse conceito serão estruturadas as várias ações a serem realizadas pelos alunos e com isso situarem-se em uma lógica de pensamento e análise do objeto estudado. Este conceito é aquele mais básico que perpassa por todos os outros conceitos a serem estudados em sala de aula. Portanto, é extremamente importante que o professor faça um bom planejamento de suas atividades durante todo o período da disciplina, de forma que divida o conteúdo de forma a favorecer o aprendizado dos alunos a partir dos preceitos da teoria.

Segundo Davydov (1988a) o professor deve orientar o aluno a compreender o caminho percorrido pelos cientistas para chegarem até determinado conceito, para que o aluno compreenda como surgiu esse conceito. Portanto, segundo a teoria, apenas informar ao aluno de que determinado conceito não é suficiente, devendo buscar a origem e o processo de aperfeiçoamento dele. Com relação a esta questão Davydov defende que

[...] no processo da atividade de aprendizagem, as gerações mais jovens reproduzem em suas consciências a riqueza teórica acumulada e expressa pela humanidade nas formas ideais da cultura. A atividade de aprendizagem, como as outras formas de atividade reprodutiva das crianças, consiste em uma das vias de realização da unidade do histórico e do lógico no desenvolvimento da cultura humana (DAVYDOV, 1988a, p. 95).

O professor deve considerar as especificidades do objeto de conhecimento que está ensinando em relação à experiência sociocultural dos alunos, relacionando o conteúdo a ser ensinado com o cotidiano dos alunos e despertando seus motivos para aprenderem. Por isso é muito importante que o docente conheça o contexto sociocultural dos alunos de cada turma para que ele possa utilizar os conhecimentos trazidos por eles e tentar relacionar com o

cotidiano deles. O professor deve adotar alguma forma de obter os dados culturais e sociais dos alunos para que tenha em mãos informações de suma importância para a tomada de decisões ao longo do período letivo. Para se obter estes dados o professor pode procurar a secretaria da escola e/ou elaborar um questionário e aplicá-lo para a turma.

A formação defendida nesta teoria permite que o aluno amplie sua capacidade intelectual e desenvolva ações mentais, o habilitando a resolver problemas enfrentados em seu cotidiano a partir dos conceitos aprendidos em sala de aula, visto que a teoria propõe que o professor leve em consideração o contexto sociocultural de seus alunos na preparação da aula, dos exercícios e, principalmente, no desenvolvimento do pensamento dos alunos. Esta aproximação faz com que os alunos percebam que aqueles conteúdos não estão distantes da sua prática cotidiana, e sim muito presentes, podendo despertar o interesse ou um maior envolvimento por parte dele, favorecendo a qualidade do aprendizado.

Para que fosse possível a extração das contribuições da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov a fim de superar o método tradicional praticado no ensino de Física adotou-se as categorias de conteúdo a seguir.

### 1.1 FORMAÇÃO DE CONCEITOS

A teoria do ensino desenvolvimental favorece que o aluno perceba que cada conceito é obtido pela relação de outros existentes, formando um sistema conceitual, e que ao chegar à essência do conceito não há apenas conceitos da disciplina trabalhada pelo professor, e sim conceitos de outras disciplinas escolares, além dos referentes à cidadania, moral e ética, por exemplo. Ao interiorizá-los o aluno opera mentalmente com eles no sentido de fazer generalizações e novas relações, possibilitando-o a aprender sozinho, tornando-o autônomo.

Os conceitos são historicamente formados na sociedade e existem objetivamente nas formas da atividade humana e nos seus resultados, em que o indivíduo apropria dos conceitos e se comporta humanamente com as coisas, de forma que o conceito atua como primário em relação a suas diversas manifestações particulares e como algo universal, aparecendo como formação secundária em relação com a atividade produtiva conjunta de toda a humanidade socializada. O conceito é a construção e a reprodução mental do objeto idealizado e o sistema de suas relações, derivado da ação objetal-cognitiva, refletindo em sua unidade a essência do movimento do objeto material, atuando como forma de reflexo do objeto material e como meio de sua reprodução mental (DAVYDOV, 1988a).

## 1.2 MÉTODO DE ASCENSÃO DO ABSTRATO AO CONCRETO

O abstrato e o concreto são o desmembramento do objeto refletido na consciência, derivados da atividade mental, em que a confirmação da objetividade de ambos é a peculiaridade importante na dialética. O concreto real aparece no início pela contemplação e representação, capazes de captar a totalidade do objeto, mas não estabelece o caráter interno das conexões, e o concreto é resultado mental da reunião das abstrações, estando sempre em formação, descobrindo as conexões internas do sistema e as relações do particular e do geral. A reprodução do concreto é realizada pelas abstrações que acompanham as conexões internas, devendo ser historicamente simples, contraditórias e essenciais (DAVYDOV, 1988a).

Os fenômenos alheios ao sujeito ocorrem no mundo real, são interiorizados e ele passa a obter a célula das qualidades da forma abstrata universal, determinando o surgimento e o desenvolvimento de fenômenos singulares dentro do todo, revelando-se o universal ao desenvolver a célula, e a conexão com as manifestações do concreto tem a função de torná-las concretas (DAVYDOV, 1988a).

Ao isolar a célula cria-se condições para a dedução pelas conexões e relações que refletem o concreto, e o processo de síntese obtém as abstrações necessárias. Na dedução do concreto é necessário encontrar elos mediadores para explicar manifestações particulares. Os processos de redução e de ascensão formam uma unidade, mas este é governante e expressa a natureza do pensamento teórico. A redução funciona como meio para o concreto determinar as atividades do pensamento e a ascensão revela as contradições a partir da abstração inicial. No processo de ascensão do abstrato ao concreto não pode haver fenômenos particulares no geral. No concreto mental inclui as conexões e relações que são dedutíveis de sua essência e que criam a tempo as abstrações necessárias. Pela atividade da imaginação faz a reprodução teórica da realidade de modo que o todo seja visto antes de suas partes. Estas formas de pensamento (analítica e sintética) encontram-se em unidade no processo de solução das tarefas cognitivas. A análise consiste na redução das diferenças existentes dentro do todo, chegando à essência, separando e estudando a forma universal do todo (DAVYDOV, 1988a).

A dialética busca o essencial das coisas, pode ser revelada no exame do processo de seu desenvolvimento, existe só passando por uns e outros fenômenos, se constata as particularidades do universal do objeto por meio de conexões objetivas, assegurando em sua dissociação e manifestação a unidade do todo, dando concretude ao objeto (DAVYDOV, 1988a).

### 1.3 ATIVIDADE

O método de ascensão do abstrato ao concreto está relacionado a atividade. Segundo Davydov (1988a, p. 6-7,15)

[...] o conceito fundamental da psicologia soviética é o conceito da atividade, que deriva da dialética materialista. [...] A essência do conceito filosófico-psicológico materialista dialético da atividade está em que ele reflete a relação entre o sujeito humano como ser social e a realidade externa - uma relação mediatizada pelo processo de transformação e modificação desta realidade externa [...] Uma particularidade importante da atividade humana externa e interna é seu caráter objetual, já que durante o processo de satisfazer suas necessidades, o sujeito coletivo e individual da atividade transforma a esfera objetual da sua vida. A atividade humana tem uma estrutura complexa que inclui componentes como: necessidades, motivos, objetivos, tarefas, ações e operações, que estão em permanente estado de interligação e transformação. [...] A categoria filosófica da atividade é a abstração teórica de toda a prática humana que tem um caráter histórico-social. A forma inicial de todos os tipos de atividade humana é a prática histórico-social do gênero humano. [...] Na atividade se revela a universalidade do sujeito humano. [...] Toda a atividade espiritual humana está determinada pela prática social e compartilha com ela uma estrutura fundamentalmente semelhante. A atividade é a substância da consciência humana.

A atividade de aprendizagem é aquela em que o aluno aprende vivenciando uma determinada situação, podendo ser dentro da escola ou não. A atividade de estudo é aquela preparada pelo professor para que o aluno possa entrar em contato com o conteúdo a ser trabalhado. Por meio da atividade de estudo o professor tem a condição de trabalhar a formação de conceitos na mente do aluno, promovendo e ampliando seu desenvolvimento intelectual.

### 1.4 APROPRIAÇÃO

A apropriação de conhecimentos, sobretudo os conceitos científicos, possibilita ao sujeito a reprodução mental das formas histórico-sociais da atividade humana, devendo ser realizada pela relação deste aos demais conceitos, de forma que o aluno possa compreender a relação dele com os demais conceitos, num processo conhecido por abstração. No processo de apropriação, o professor leva em conta que cada aluno pode aprender por caminhos diferentes, devendo despertar e estimular sua criatividade (DAVYDOV, 1988a).

### 1.5 ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL

A zona de desenvolvimento real do aluno é definida pelas funções psicológicas superiores amadurecidas (desenvolvimento mental retrospectivamente), ou seja, o que o aluno

já consegue fazer sozinho. A zona de desenvolvimento proximal é definida pelas funções psicológicas superiores que não amadureceram e que estão em estágio embrionário de maturação, ou seja, "brotos" ou "flores" do desenvolvimento (desenvolvimento mental prospectivamente).

A zona de desenvolvimento proximal revela o curso interno do desenvolvimento mental do aluno e o seu processo de maturação. A zona de desenvolvimento proximal permite inferir sobre o desenvolvimento mental imediato do aluno, favorecendo o acesso ao que já foi atingido por meio do desenvolvimento e o que está em processo de maturação.

O estado de desenvolvimento mental do aluno é revelado se tem o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal, em que a zona de desenvolvimento proximal de hoje (aquilo que o aluno faz com assistência) passa a ser o nível de desenvolvimento real amanhã (capaz de fazer sozinho) (VIGOTSKY, 1991, p. 58).

## 1.6 ATIVIDADE HUMANA E PENSAMENTO

Davydov (1988a) adota uma concepção materialista dialética do pensamento e afirma que o pensamento do homem representa os conhecimentos historicamente constituídos e uma das principais fragilidades da pedagogia tradicional é que não considerava o pensamento do indivíduo como uma função constituída historicamente.

A atividade pensante humana reproduz idealmente as coisas e fenômenos concretos, sendo que o ideal é reflexo das atividades do ser humano, se revelando e se realizando na atividade, primeiro colocando as formas do objeto na ação prática e depois no plano da representação ideal (DAVYDOV, 1988a).

A origem da atividade humana é a prática histórico-social que por meio da atividade laboral, coletiva e transformadora dos indivíduos, revela a totalidade da pessoa e é fruto da consciência humana (DAVYDOV, 1988a).

### 1.6.1 Atividade prática e atividade intelectual

Davydov (1988a) afirma que a atividade objetiva prática é externa, resultado das relações sociais historicamente constituídas, é fundamental para se obter a reflexão mental e a consciência, ou seja, a atividade intelectual.

Como resultado do desenvolvimento da atividade objetiva prática das pessoas, a sensibilidade do ser humano é contraditória por seu conteúdo. A sensação e a percepção, por si mesmas, refletem a existência presente, imediata. Porém, através

da ação prática, em que se confronta convenientemente as coisas (o objeto e o meio de trabalho), a sensibilidade “penetra” outro conteúdo: a mediatização e a continuidade da existência, seu conteúdo interno. A ação prática, sendo sensorial e objetual, reúne em si os elementos de conteúdo oposto por suas particularidades: o externo e o interno, o existente e o mediatizado, o singular e o universal. Aqui estes momentos se encontram em unidade imediata. A complexificação da prática e a comunicação, por um lado, desenvolveu os meios de idealização, por outro, levaram à divisão da atividade laboral integral do homem entre trabalho da cabeça planejadora e das mãos executoras. A consolidação dessa divisão teve suas causas socioeconômicas históricas. Por causas especiais, rompeu-se a unidade imediata dos aspectos opostos existentes no conteúdo das ações práticas (DAVYDOV, 1988a, p. 136).

A apropriação de conhecimentos, sobretudo os conceitos científicos, possibilita ao sujeito a reprodução mental das formas histórico-sociais da atividade humana. A apropriação do conceito deve ser realizada por meio da relação deste aos demais conceitos, de forma que o aluno possa compreender a relação dele com os demais conceitos (DAVYDOV, 1988a).

Ao se apropriar das leis de Newton o aluno é capaz de entender como funciona de maneira geral a Dinâmica, entendendo a base da explicação dos movimentos dos objetos, e obtendo a resposta da dúvida que levou Newton a chegar às três leis que levam seu nome. As conclusões de Newton são uma construção histórica e síntese dos estudos de cientistas da Física, como Galileu e Kepler, por exemplo. Para que os alunos se apropriem das três leis de Newton é preciso lançar mão de outros conceitos como velocidade, aceleração e força.

### 1.6.2 Atividade de estudo, aprendizagem e desenvolvimento

A atividade de estudo é aquela preparada pelo professor com finalidades definidas. Davydov (1988a, p. 96) afirma que

[...] a atividade de estudo é efetivada quando os escolares realizam as ações correspondentes. Segundo a lei geral de interiorização, a forma inicial das ações de aprendizagem é a sua realização efetivada nos objetos exteriormente representados.

Por meio da atividade de estudo o professor favorece a formação e interiorização dos conceitos estudados na mente dos alunos, promovendo e ampliando o desenvolvimento intelectual dos mesmos.

Davydov (1988a) defende a importância do professor propor atividades de estudo que favoreçam que o aluno compreenda como se deu a origem e o processo de aperfeiçoamento de determinado conceito.

Para Davydov (1988a, p. 91) a aprendizagem é a reprodução das "capacidades construídas historicamente, que estão na base da consciência e do pensamento teóricos: reflexão, análise e experimento mental".

O professor ao iniciar cada unidade de conteúdo deve identificar o conceito nuclear do objeto a ser estudado pelos alunos, pois é com base nesse conceito que serão estruturadas as várias ações para os alunos realizarem na tarefa e com isso situarem-se em uma lógica de pensamento e análise do objeto estudado. Este conceito é aquele mais elementar que perpassa por todos os outros conceitos a serem estudados em sala de aula.

A atividade de aprendizagem é a atividade principal dos alunos do ensino fundamental, mas revela sua necessidade ao trabalhar o ensino desenvolvimental no Ensino Médio (CHAIKLIN, 1999).

Segundo Hedegaard e Chaiklin (2009) a educação formal tem como objetivo a compreensão do mundo pelos alunos por meio de determinada matéria, mas eles defendem que os alunos devem ser motivados ao desenvolver o conhecimento acadêmico e habilidades por meio do conteúdo da matéria e este deve ser relevante para a situação da vida dos alunos, explorando as condições históricas e culturais da comunidade em que vivem, possibilitando que analisem e interpretem suas situações cotidianas.

No que tange o ensino propriamente dito, o ponto de partida do professor deve ser os conhecimentos cotidianos dos alunos e suas experiências socioculturais, para que se alcance o conhecimento teórico, e assim, o pensamento teórico.

Segundo Hedegaard e Chaiklin (2009, p. 67)

[...] na abordagem do duplo movimento, enfatizamos as relações entre conceitos cotidianos já adquiridos pelas crianças, conceitos da matéria e conhecimento local. O principal ponto do duplo movimento no ensino é criar tarefas de aprendizagem que podem integrar o conhecimento local com relações conceituais nucleares de uma matéria para que a pessoa possa adquirir o conhecimento teórico que pode ser utilizado na prática local das pessoas.

A contextualização das questões é muito importante para que o aluno possa perceber que os conteúdos ministrados em sala de aula estão relacionados com o cotidiano deles, podendo despertar o desejo de aprender determinados conteúdos. O aluno se apropria do conteúdo de forma diferente quando percebe que este está diretamente relacionado com o seu cotidiano. O aluno só aprende de forma efetiva se determinado conteúdo desperta o seu desejo de aprender.

O professor considera as especificidades do objeto de conhecimento que está ensinando em relação à experiência sociocultural dos alunos, despertando os motivos dos alunos para aprenderem, visto que o ser humano é movido por desejos. Davydov também chegou nessa conclusão e afirma que os desejos levam a necessidades e estas levam aos motivos, chegando-se aos objetivos. Uma pessoa só se envolve com algo se tiver motivos internos que a levam a interessar por aquilo. Assim, o professor deve buscar alternativas que

aguçam os motivos dos alunos para se dedicarem às atividades de estudo propostas por ele. Davydov (1988a, p. 51) defende que “a esfera das motivações e necessidades é o componente essencial da atividade humana”. Davydov (1988a, p. 170) escreve que

[...] os conhecimentos teóricos, que formam o conteúdo da atividade de estudo, também constituem a necessidade da atividade de estudo. Como se sabe, a atividade humana corresponde a determinada necessidade; as ações, correspondem aos motivos. [...] Os motivos das ações de aprendizagem impulsionam os escolares a assimilar os procedimentos de reprodução dos conhecimentos teóricos. Durante o cumprimento das ações de aprendizagem, as crianças dominam, sobretudo, os procedimentos de reprodução de determinados conceitos, imagens, valores e normas e, por meio destes, assimilam o conteúdo de tais conhecimentos teóricos. Portanto, a necessidade da atividade de aprendizagem estimula as crianças a assimilarem os conhecimentos teóricos; os motivos a assimilar os procedimentos de reprodução destes conhecimentos por meio das ações de aprendizagem, orientada para a resolução de tarefas de aprendizagem (DAVYDOV, 1988a, p. 170).

Hedegaard e Chaiklin (2009) supõem que os alunos não aprendem sobre seu cotidiano sem que haja um motivo, devendo-se criar formas que despertem seus interesses para estudar os conteúdos presentes nos programas das matérias.

Chaiklin (1999) afirma ser difícil realizar o ensino desenvolvimental sem que haja o motivo dos alunos e vê a necessidade de elaborar uma forma para relacionar os motivos de um conteúdo específico com os que organizam uma atividade. O autor ainda afirma a importância de considerar as diferentes relações históricas e sociais presentes entre os alunos, e as diferentes relações dos alunos com o conteúdo, ou seja, em cada sala de aula pode haver diferenças no encontro da relação dos alunos com as tarefas.

## 1.7 PENSAMENTO EMPÍRICO E PENSAMENTO TEÓRICO

Os pensamentos empírico e teórico se distinguem em suas formas, revelando suas peculiaridade com relação ao método de pensar, em que o empírico descreve as observações sensoriais, obedecendo a classes formuladas pelos conceitos empíricos. Já o teórico reúne todas as características do objeto e atribui um peso de cada uma no todo (DAVYDOV, 1988a).

Os conceitos empíricos vão do particular para o geral, em que este é fruto das comparações dos objetos e realizado por meio de generalizações baseadas na classe dos objetos. O empírico é sensorial concreto e o teórico é abstrato-geral. Quanto maior for a capacidade de fazer generalizações, maior será o nível de desenvolvimento do pensamento (DAVYDOV, 1988a).

Davydov (1988a, p. 227) ainda salienta que

[...] as ações mentais implementadas no processo de reflexão, análise e planejamento têm duas formas básicas: a empírico-discursiva e a teórico-substantiva. A abstração e

generalização empírica e teórica são baseadas nestas duas formas de ação mental. A forma teórico-substantiva das ações mentais se caracteriza pela sua vinculação com o reflexo das relações e conexões essenciais entre os objetos do mundo circundante.

O pensamento empírico ordena os objetos e fenômenos, permite que por meio da experiência sensorial se forme a universalidade abstrata, ou seja, a atividade objetual-sensorial do ser humano, tem sua importância, mas é insuficiente no que se refere ao aprendizado do aluno, devendo-se utilizar o pensamento teórico, que tem por finalidade a reprodução da essência do objeto estudado, iniciada com a reprodução das atividades laborais, com a finalidade de se alcançar sua totalidade, permitindo que o ser humano realize os experimentos mentalmente por meio dos conceitos, base do pensamento teórico (DAVYDOV, 1988a).

O ensino de Física, na atualidade, é baseado na transmissão de conteúdos por meio da apresentação de conceitos (SALES, OLIVEIRA E PONTES, 2010; ROSA, 2003), em que o professor ministra suas aulas baseando-se na descrição dos fenômenos físicos, obedece a classes formuladas pelos conceitos empíricos e pede que os alunos resolvam o maior número possível de exercícios envolvendo casos particulares da aplicação do conceito estudado para que aprendam mecanicamente e por repetição a resolvê-los, formando o pensamento empírico. As aulas no Laboratório de Física é um exemplo desta situação, pois os alunos realizam as medidas a partir de observações de determinados experimentos envolvendo os conceitos estudados, anotam e analisam os dados observados, e chegam a conclusões.

A Física como pensamento teórico considera que o aluno aprenda os conceitos teóricos por meio da organização do ensino de forma que ele capte a sua totalidade. Para isso o processo deve lançar mão do método do abstrato ao concreto em todas as suas atividades como docente, ou seja, na preparação das aulas, na preparação dos exercícios etc. O professor deve lançar mão da historicidade, ou seja, deve realizar o estudo lógico e histórico do conceito a ser ministrado em sua de aula para que os alunos possam ter em mente como se deu o desenvolvimento do conceito ao longo da história, e com este estudo chega-se à essência do conceito, base do pensamento teórico.

O fruto da organização do ensino do professor é o aluno interiorizar o conceito, formando o pensamento teórico. O aluno deve desenvolver conhecimentos de acordo com seu processo de produção, como produto atividade humana. O estudo lógico e histórico no ensino de Física pode ser contemplado salientando os acontecimentos principais que houve no desenvolvimento daquele determinado conceito, cabendo ao professor propor pesquisas ou materiais que abordam sobre este conhecimento.

## 1.8 CONHECIMENTO E PENSAMENTO EMPÍRICO

No pensamento empírico o conhecimento é adquirido quando o aluno consegue se apropriar de conteúdos que o habilita a fazer generalizações empíricas, que consistem em classificar e catalogar os objetos. A generalização empírica consiste na separação dos objetos por meio da comparação e sistematização, em que os alunos identificam uma classe ou um objeto por meio de determinadas qualidades intrínsecas a eles (DAVYDOV, 1988a).

## 1.9. CONHECIMENTO E PENSAMENTO TEÓRICO

A teoria de Davydov proporciona ao aluno, por meio do pensamento teórico, que ele compreenda o processo de aquisição do conhecimento de uma forma mais completa, fazendo relações com conceitos presentes nas disciplinas escolares, reduzindo a desarticulação entre os conteúdos ministrados em sala de aula (DAVYDOV, 1988a).

Segundo Davydov (1988a, p. 73)

[...] o conteúdo específico do pensamento teórico é a existência mediatizada, refletida, essencial. O pensamento teórico é o processo de idealização de um dos aspectos da atividade objetual-prática, a reprodução, nela, das formas universais das coisas. Tal reprodução tem lugar na atividade laboral das pessoas como experimentação objetual sensorial peculiar. Depois, este experimento adquire cada vez mais um caráter cognoscitivo, permitindo às pessoas passar, com o tempo, aos experimentos realizados mentalmente. As particularidades do experimento mental assinaladas acima conformam a base do pensamento teórico, que já não opera com representações, mas, propriamente, com conceitos.

O caráter interno não pode ser observado diretamente e só se descobre nas mediatizações dentro do todo. Presente, passado e futuro devem ser correlacionados mentalmente, assim como reunir dessemelhanças e fragmentos na construção do todo (DAVYDOV, 1988a).

As fontes do pensamento teórico encontram-se no processo mesmo do trabalho produtivo. Este pensamento sempre está internamente ligado com a realidade dada em forma sensorial. Exatamente o pensamento teórico (e de nenhuma maneira o empírico), realiza em plena intensidade as possibilidades cognoscitivas que a prática sensorial objetiva, recriadora das ligações universais da realidade em sua essência experimental, abre perante o homem. O pensamento teórico idealiza os aspectos experimentais da produção dando-lhes, inicialmente, a forma de experimento cognitivo objetual-prático e, depois, de experimento mental, realizado em forma de conceito e por meio deste. Obviamente, no processo de desenvolvimento histórico da produção material e espiritual, foi necessário um tempo considerável para que o pensamento teórico adquirisse soberania e sua forma atual (DAVYDOV, 1988a, p. 133-134).

O pensamento teórico favorece o surgimento de um perfil de aluno autônomo que consegue aprender outros conceitos dentro e fora do ambiente escolar, promovendo e

ampliando o desenvolvimento de sua mente (DAVYDOV, 1988a).

Para se alcançar o pensamento teórico o aluno deve seguir o método do abstrato ao concreto. O concreto real aparece, no início, sensorialmente por meio da contemplação e da representação e por meio da abstração inicial se reproduz o concreto real novamente, só que desta vez conectado à historicidade, às contradições e à essência do objeto (DAVYDOV, 1988a).

O abstrato e o concreto são momentos do desmembramento do próprio objeto, da realidade mesma, refletida na consciência e por isso são derivados do processo da atividade mental. [...] Só no processo de seu desenvolvimento a “célula” revela sua natureza universal, atuando como base de todas as manifestações do concreto; por meio das conexões com essas manifestações realiza a função de unificá-las, de concretizá-las. Aqui o universal corresponde às possibilidades potenciais da base genética de determinado todo. [...] A essência é a conexão interna que, como fonte única, como base genética, determina todas as outras especificidades particulares do todo. [...] A abstração geneticamente inicial, substantiva, expressa a essência do objeto concreto. A abstração substantiva, pela qual quaisquer objetos se reduzem a sua forma universal fixa a essência daqueles objetos. [...] A recriação do concreto está ligada, no fundamental, ao processo de síntese, ainda que dentro deste se produza permanentemente a análise a fim de se obter as abstrações indispensáveis (DAVYDOV, 1988a, p. 144-148).

Quando a célula é isolada criam-se condições para a dedução genética por meio das conexões e das relações que refletem a formação do concreto, que está ligada ao processo de síntese e da atividade de síntese obtém as abstrações necessárias. A ascensão, que revela as contradições a partir da abstração inicial, juntamente com a redução formam uma unidade, mas este é governante, expressando a natureza do pensamento teórico, em que a redução funciona como meio para o concreto determinar as atividades do pensamento (DAVYDOV, 1988a).

No processo de ascensão do abstrato ao concreto não pode haver fenômenos particulares no geral. No processo de dedução do concreto é necessário encontrar elos mediadores para explicar manifestações particulares. No concreto mental deve-se incluir apenas as conexões e relações que são dedutíveis de sua essência e criar a tempo as abstrações necessárias. Por meio da atividade da imaginação faz a reprodução teórica da realidade de modo que o todo seja visto antes de suas partes (DAVYDOV, 1988a).

O mecanismo da ascensão é a revelação das contradições dentro da relação determinada na abstração inicial. [...] Assim o pensamento teórico se realiza em duas formas fundamentais: 1) pela análise dos dados reais e sua generalização separa-se a abstração substantiva, que estabelece a essência do objeto concreto estudado e que se expressa no conceito de sua “célula”; 2) depois, pelo caminho da revelação das contradições nesta “célula” e da determinação do procedimento para sua solução prática, segue a ascensão a partir da essência abstrata e da relação universal não desmembrada, até a unidade dos aspectos diversos do todo em desenvolvimento, ao concreto. [...] No pensamento teórico, o próprio concreto aparece duas vezes: como ponto de partida da contemplação e representação, reelaboradas no conceito, e como resultado mental da reunião das abstrações (DAVYDOV, 1988a, p. 149-151).

O concreto é resultado mental da reunião das abstrações e está sempre em formação, ou seja, em movimento, podendo descobrir as conexões internas do sistema e as relações do particular e do geral. O acompanhamento das passagens do particular ao universal, e vice versa, assim como a formação dos objetos, ocorre na mente, transformando o objeto idealizado e descobrindo novas relações internas. Na mente pode realizar transformações dos objetos que não podem ser feitas com ações práticas objetais e ao descobrir novas propriedades se referem aos resultados do pensamento teórico, refletindo a natureza interna da realidade (DAVYDOV, 1988a).

As ações mentais abstração e generalização são a base da formação do pensamento teórico dos objetos de aprendizagem, ou seja, dos conteúdos das disciplinas escolares. E isso resulta no desenvolvimento de novas capacidades mentais e práticas em relação ao objeto aprendido.

A abstração e a generalização substantivas aparecem como dois aspectos de um processo único de ascensão do pensamento ao concreto. [...] A generalização substantiva consiste, predominantemente, na redução dos diversos fenômenos à sua base única. [...] Por seu conteúdo, o conceito teórico aparece com reflexo dos processos de desenvolvimento, da relação entre o universal e o singular, da essência e os fenômenos; por sua forma aparece como procedimento da dedução do singular a partir do universal, como procedimento de ascensão do abstrato ao concreto. [...] No processo de ascensão do concreto mental e, dentro dele, em forma de conceito teórico, ocorre a reelaboração de todo o conjunto de dados reais sobre os sistemas integrais. [...] O conceito constitui o procedimento e o meio da reprodução mental de qualquer objeto como sistema integral (DAVYDOV, 1988a, p. 151-153).

A generalização é a etapa em que o aluno é capaz de atuar com aquele determinado conceito em situações particulares. Dessa forma, os alunos vão adquirindo autonomia para aprender outros conceitos a partir de alguns conceitos-chaves elaborados em sua mente. A generalização substantiva ocorre quando se descobre a lei de formação dos fenômenos particulares e singulares, e "se realiza pelo caminho da análise de determinado todo com a finalidade de descobrir sua relação geneticamente inicial, essencial, universal, como base da unidade interna deste todo" (DAVYDOV, 1988a, p. 152).

O conceito é o reflexo e a reprodução mental do objeto dentro do todo, derivado da ação objetual-cognitiva, e "a forma de atividade mental por meio da qual se reproduz o objeto idealizado e o sistema de suas relações, que em sua unidade refletem a universalidade ou a essência do movimento do objeto material" (DAVYDOV, 1988a, p. 128). Cada conceito interiorizado na mente do aluno o habilita a fazer novas relações e aprender outros. Portanto, quanto maior for a rede conceitual do aluno, maior será a possibilidade dele aprender outros novos.

Um conceito importante a ser caracterizado é o de essência. A dialética busca o essencial das coisas, pode ser revelada no exame do processo de seu desenvolvimento, existe só passando por uns e outros fenômenos, se constata as particularidades do universal do objeto por meio de conexões objetivas, assegurando em sua dissociação e manifestação a unidade do todo, dando concretude ao objeto (DAVYDOV, 1988a).

Os conceitos historicamente formados na sociedade existem objetivamente nas formas da atividade humana e em seus resultados, ou seja, nos objetos criados de maneira racional. As pessoas individualmente (sobretudo as crianças) os captam e os assimilam antes de aprenderem a atuar com suas manifestações empíricas particulares. O indivíduo deve atuar e produzir as coisas segundo os conceitos que, como normas, já existem anteriormente na sociedade, ele não os cria, e sim os capta, apropria-se deles. Só então se comporta humanamente com as coisas. Como norma da atividade, na educação o conceito atua, para os indivíduos, como primário em relação a suas diversas manifestações particulares. Como algo universal, este conceito é o modelo original (protótipo) e a escala para avaliar as coisas com as quais o indivíduo se encontra empiricamente (DAVYDOV, 1988a, p. 130).

Simultaneamente à generalização ocorre a interiorização do conceito, que é quando o conceito passa a fazer sentido para o aluno. A interiorização se refere quando determinado conteúdo faz sentido para o aluno. Segundo Davydov (1988a, p. 6), a interiorização ocorre quando uma determinada atividade se transforma em individual e “os meios de sua organização, em internos”. Em outro momento Davydov salienta que no processo de interiorização há a "passagem das formas externas, realizadas, coletivas, da atividade, às formas internas, implícitas e individuais da realização da atividade, ou seja, [...] de transformação do intersíquico em intrapsíquico" (DAVYDOV, 1988a, p. 31).

O professor propõe a atividade de estudo para o aluno, fundamentada na análise do conteúdo, e ao ser feita pelo aluno, este realiza a transformação do conhecimento intersíquico para o intrapsíquico.

Os fenômenos particulares que ocorrem no mundo real e alheio ao sujeito são interiorizados por ele e se apresentam com certa concretude, passando a obter a célula desta concretude que possui as qualidades da forma abstrata universal, determinando o surgimento e o desenvolvimento de fenômenos peculiares e singulares dentro de determinado todo, revelando-se o universal quando a célula se desenvolve, e a conexão com as manifestações do concreto tem a função de torná-las concretas (DAVYDOV, 1988a).

Assim o pensamento teórico se realiza em duas formas fundamentais: 1) pela análise dos dados reais e sua generalização separa-se a abstração substantiva, que estabelece a essência do objeto concreto estudado e que se expressa no conceito de sua “célula”; 2) depois, pelo caminho da revelação das contradições nesta “célula” e da determinação do procedimento para sua solução prática, segue a ascensão a partir da essência abstrata e da relação universal não desmembrada, até a unidade dos aspectos diversos do todo em desenvolvimento, ao concreto (DAVYDOV, 1988a, p. 150).

O pensamento teórico favorece uma melhor formação do aluno por ele não apenas receber as informações prontas, como um sujeito passivo no processo de ensino e aprendizagem, e sim seja um sujeito ativo na construção do seu aprendizado, possibilitando que seja um sujeito crítico e que tenha um conhecimento mais abrangente acerca de determinado conteúdo, chegando-se ao conceito, que é formado pela relação de vários outros.

## **2. Estudo lógico e histórico das leis de Newton**

As leis de Newton foi o conteúdo selecionado para ser contemplado no experimento didático formativo realizado nessa pesquisa, o que requereu uma prévia análise<sup>5</sup> desse conteúdo a fim de identificar relações gerais básicas que formam o núcleo conceitual desse conteúdo. Como descrito, no método de ensino elaborado por Davydov (1988a), esse núcleo conceitual deve ser identificado pelo professor que, a partir dele, formula as ações realizadas pelo aluno no estudo do conceito.

A Mecânica Clássica é um ramo da Física que estuda a descrição (Cinemática) e a análise (Dinâmica) dos movimentos dos objetos. As leis de Newton são um conhecimento que figuram entre os conceitos mais importantes da Física por se constituírem como leis fundamentais no estudo da Dinâmica.

O ensino e aprendizagem das leis de Newton ocorre, no Ensino Médio, durante o primeiro ano. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias (BRASIL, 2006) não abordam o ano que se deve ministrar este conteúdo.

A seguir é apresentada a análise das leis de Newton e as relações que foram possíveis identificar, iniciando-se pelo desenvolvimento lógico histórico dessas leis no campo científico da Física.

Aristóteles<sup>6</sup> deu diversas contribuições para o desenvolvimento da Física. Para ele o mundo era dividido em sublunar, composto por matéria passível de sofrer transformação e constituída pelos elementos terra, fogo, ar e água, e supralunar, composto por matéria que não era passível de sofrer qualquer transformação, conhecida por éter ou quintessência, constituinte dos corpos celestes (PORTO; PORTO, 2009).

---

<sup>5</sup>O estudo lógico e histórico foi necessário para que o pesquisador pudesse entender como se deu o processo de gênese e desenvolvimento das leis de Newton, conhecimento fundamental para que se desse continuidade na elaboração e execução do experimento didático formativo. A aplicação dos conhecimentos no estudo lógico e histórico estão imbricados em todas as etapas da elaboração e execução do experimento didático formativo.

<sup>6</sup>Iniciou-se o estudo lógico-histórico por Aristóteles pelo fato de suas ideias representarem a busca da explicação

De acordo com Aristóteles os movimentos terrestres se davam por meio da existência de uma força motriz e uma resistência. Para que determinado objeto se movimentasse era necessário que a força motriz, transmitida por contato e oriunda externamente ao objeto, fosse maior que a resistência, que podia ser maior ou menor de acordo com o meio em que se encontrava.

Os movimentos eram divididos em naturais e forçados ou violentos. Os movimentos naturais tinham direção ao lugar ordenado pelo Universo e os movimentos forçados ou violentos exigiam a atuação de uma força e faziam com que o ordenamento do Cosmos fosse dinâmico (PORTO; PORTO, 2009).

No mundo sublunar os fenômenos físicos ocorriam muitas vezes por meio dos movimentos violentos que deslocavam os elementos de seus lugares naturais e ao cessar a causa destes movimentos os corpos passariam a realizar movimentos naturais (PORTO; PORTO, 2009).

No mundo aristotélico os movimentos também eram determinados pela natureza dos seres, em que corpos compostos em sua maioria pelo elemento terra ocupariam o centro do Universo e o fogo tenderia a subir (PORTO; PORTO, 2009). No caso da queda dos corpos, o movimento se dá em direção à Terra pelo fato de chegarem ao seu lugar natural. Corpos que possuíam maior quantidade do elemento terra chegavam mais rápido no chão.

No caso do lançamento para cima de um objeto qualquer Aristóteles atribuiu a continuidade do movimento à força exercida pelo ar através do qual o objeto se lançava, empurrando este objeto (PORTO; PORTO, 2009).

Aristóteles propôs o Geocentrismo (Terra no centro) em que afirmava que o Universo era um enorme e finito círculo onde existiam nove esferas concêntricas girando em torno da Terra, que se mantém imóvel no centro delas.

A concepção de Aristóteles perdurou por muito tempo e na Idade Média seu sistema passou a sofrer críticas mais duras. A Igreja Católica rebatia as críticas feitas a Aristóteles, visto que buscava uma explicação religiosa para os fatos que ocorriam na natureza.

Jeaur Buridan passa a contrapor aos ideais de Aristóteles e apresenta o conceito da impulsão, transferindo para o próprio corpo a capacidade que Aristóteles atribuía ao ar. O "impetus" daria continuidade ao movimento do objeto lançado, sendo destruído pela gravidade e pela resistência do meio até o movimento cessar por completo e passar à forma natural de queda devido ao peso (PORTO; PORTO, 2009).

A Física aristotélica perdia boa parte da força de sua coerência em face da ideia de uma Terra excêntrica e em movimento pelo fato de caso a Terra se movesse, tudo o que não fosse unido a ela, como por exemplo a atmosfera e as nuvens, seria deixado para trás, o que absolutamente não era um fato. Apresentavam o questionamento de que, tal como uma "funda" em rotação com velocidade suficientemente grande arremessa uma pedra à distância, também a Terra em movimento circular "arremessaria" os corpos situados sobre sua superfície e talvez provocasse a sua própria desintegração. Vemos, assim, como a astronomia e a física se entrelaçavam em suas implicações recíprocas (PORTO; PORTO, 2009).

Ptolomeu defendia que os astros tinham movimento circular e uniforme e que a velocidade angular não era constante. Do tempo dos antigos às grandes descobertas de Nicolau Copérnico, Johannes Kepler e Galileu Galilei, passaram-se cerca de 1.700 anos (BRENNAN, 1998). Este longo período se deveu principalmente por causa da influência da Igreja Católica que defendia os ideais de Aristóteles e combatia os que pensavam diferente. Outro ponto a ser destacado foi que nesse período houve o avanço das grandes navegações, em que se produziu variados instrumentos de medidas que levavam em consideração a posição das estrelas e a trajetória dos planetas. Nicolau Copérnico (1473-1543), já na Idade Média, rompe com mais de dez séculos de domínio do Geocentrismo e propõe o Heliocentrismo (Sol no centro), afirmando que o centro do Universo seria o Sol e que todos os planetas descreviam órbitas circulares em torno dele.

Nicolau Copérnico propôs mudanças ao pensamento grego com um novo ordenamento dos planetas (do Sol para fora - Mercúrio, Vênus, Terra e Lua, Marte, Júpiter e Saturno), explicou o movimento dos planetas, dentre eles o motivo de Mercúrio e Vênus aparecerem próximos do Sol e o aparente movimento retrógrado de Marte, Júpiter e Saturno, verificou que as estações do ano na Terra seriam mais bem explicadas se ela tivesse movimentos anuais ao redor do Sol e eixo inclinado em relação ao mesmo (BRENNAN, 1998).

Copérnico acreditava que o sistema terrestre, as nuvens, a atmosfera, os corpos sobre a superfície da Terra, se movia em conjunto, ou seja, é como se a Terra estivesse parada e a queda em direção ao centro ocorresse da mesma forma que no geocentrismo (PORTO; PORTO, 2009).

Foram necessários aproximadamente cem anos e a colaboração de outros cientistas para que os ideais de Copérnico se estabelecessem. Kepler (1571-1630) na Áustria e Galileu (1564-1642) na Itália concordaram com os ideais copernicanos. Johannes Kepler lançou mão das observações astronômicas realizadas por Tycho Brahe (1546-1601), concluiu que a órbita da Terra em torno do Sol tinha a forma de uma elipse, calculou as órbitas e os movimentos

dos planetas conhecidos, constatou que as observações estavam de acordo com as órbitas elípticas e descobriu que cada planeta tinha uma velocidade proporcional à distância entre ele e o Sol (BRENNAN, 1998). Convenceu-se então que o Geocentrismo, o movimento uniforme e a órbita circular do pensamento Aristotélico estavam errados.

Com base nesses achados, Kepler desenvolveu um conjunto de três leis: os planetas possuem órbitas elípticas em torno do Sol que se encontra em um dos focos da elipse; a linha imaginária unindo o Sol e o planeta varre áreas iguais em tempos iguais; o cubo da distância média entre o planeta e o Sol é proporcional ao quadrado do tempo que ele leva para completar uma órbita.

Giordano Bruno pensou como Copérnico, propôs uma analogia entre o problema da queda de um corpo nas proximidades da Terra e o da queda de um corpo em um navio em movimento, concordando com Copérnico pelo fato da experiência ocorrer como se o local estivesse em repouso, pelo fato dos objetos lançados ou abandonados compartilharem do movimento e divergindo ao explicar esse movimento compartilhado por pertencerem a um sistema mecânico em movimento (PORTO; PORTO, 2009).

Bruno questionou a concepção aristotélica do movimento aplicada ao deslocamento físico ao propor abandonar um objeto no cais e outro semelhante dentro de um navio em movimento, identificando dois sistemas mecânicos, em que acreditou que o sistema se comunica com esse objeto, fazendo-o com que ele tenda a continuar se movimentando com o sistema, sendo uma concepção contrária de Aristóteles por não ser um movimento natural e por não depender apenas da natureza do objeto e de sua adequação ao lugar (PORTO; PORTO, 2009).

Galileu elaborou o conceito apoiado na tese copernicana e adotou a ideia de relatividade do movimento expressa por Giordano Bruno e subentendida por Copérnico e a formulou em forma de princípio (PORTO; PORTO, 2009).

A solução para o problema da trajetória de um corpo em queda nas proximidades da superfície terrestre proposta por Galileu segue a linha de pensamento de Giordano Bruno e Copérnico, em que o corpo compartilha do movimento do planeta, ou seja, do "ponto de vista" do objeto é como se a Terra não se movesse e sua queda ocorre ao longo da vertical (PORTO; PORTO, 2009).

Galileu diverge de Giordano Bruno na questão dos corpos em queda manterem paralelamente ao movimento vertical de queda um movimento igual ao do sistema de onde partiram, não porque receberam daquele um impetus para tanto, mas apenas porque esse movimento simplesmente persistia inercialmente, desenvolvendo o conceito da inércia

(PORTO; PORTO, 2009).

Para argumentar em prol da persistência inercial do movimento Galileu se fundamentou na gravidade e para isso fez diversas experiências com variadas esferas em um plano inclinado, chegando à conclusão que o movimento de subida é desacelerado porque o corpo se afasta do centro da Terra, o movimento de descida é acelerado porque coincide com a tendência de queda natural do corpo “grave” e que na horizontal essa tendência não é nem contrariada nem favorecida, de modo que Galileu concluiu que a velocidade do movimento não deveria aumentar nem diminuir e descreveria um arco de circunferência concêntrico com a Terra (PORTO; PORTO, 2009).

Galileu construiu um telescópio e passou a realizar observações astronômicas na mesma época em que Kepler divulgava seus resultados e, em 1610, observou as crateras e montanhas na superfície da Lua, as manchas móveis no Sol, as quatro luas que giram em torno de Júpiter, as fases de Vênus e as diferentes estrelas da Via Láctea (BRENNAN, 1998).

Galileu realizou diversos experimentos com o som, com a luz, com a temperatura e com o movimento, descobriu que um objeto em queda cai cada vez mais depressa ao longo do tempo, observou que a taxa de aumento da velocidade é constante para todas as esferas independente do peso ou tamanho e expressou suas conclusões na fórmula conhecida por lei da queda dos corpos, exercendo influência sobre Isaac Newton (BRENNAN, 1998).

Em 1665 a peste bubônica se alastrava pela Inglaterra e Newton se viu obrigado a mudar-se para a região onde nasceu, ficando por lá até 1667, tempo que foi aproveitado por ele para imaginar as suas maiores produções. Newton, que tinha um nível de instrução elevado, se apropriou dos ideais de Copérnico, Kepler e Galileu, e revolucionou a visão de senso comum ao conjecturar, na sua juventude, que a queda dos corpos na superfície terrestre era causada pelo mesmo agente que fazia a Lua cair em direção à Terra.

Isaac Newton mostrou que a trajetória de um corpo é determinada por suas posição e velocidade iniciais e pelas forças que atuam nele, que a queda dos corpos próxima à superfície terrestre foi explicada pela força gravitacional e que as leis do movimento dos planetas elaboradas por Kepler e do movimento dos projéteis situados próximos à superfície terrestre tornaram-se exemplos de aplicação dos princípios básicos da teoria newtoniana por meio das três leis da Mecânica. Ele propôs a teoria geral da mecânica, da gravitação universal, as leis de Newton e provou que a Física pode explicar tanto fenômenos terrestres quanto celestes e por isso é universal (PORTO; PORTO, 2009).

O estudo lógico e histórico compreende o desenvolvimento das leis de Newton ao longo da história, sendo importante por retratar como se deu o movimento de formação de

cada conceito. As leis de Newton formam um sistema conceitual geral e básico na aprendizagem dos conceitos da Dinâmica no Ensino Médio, buscando explicar as causas dos movimentos e seus efeitos, sendo que as relações gerais básicas das primeira, segunda e terceira leis de Newton são: resistência à variação do estado de movimento, relação entre força resultante, massa e aceleração, e forças opostas.

### **3. Buscando uma compreensão das leis de Newton como pensamento teórico**

A primeira lei de Newton estabelece que determinado objeto permanece com sua condição de movimento, podendo ser repouso ou movimento uniforme, quando a força resultante aplicada sobre ele for nula. A segunda lei de Newton estabelece que a força resultante seja igual à multiplicação da massa pela aceleração. A terceira lei de Newton estabelece que toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção, de sentidos opostos e aplicadas em corpos diferentes.

Analisando a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov e o ensino de Física na atualidade, observa-se que o aluno se limita a enunciar as definições como resultado das observações sensoriais, apenas se apropriando das definições, e responde um grande número de exercícios semelhantes com a finalidade de aprender pela repetição, com o objetivo de encontrar a resposta correta, características do pensamento empírico. No pensamento teórico o aluno aprende como se deu a gênese e o desenvolvimento do conceito, interiorizando-o, passando a compreender e atuar com ele em sua totalidade, fazendo com que torne mais uma ferramenta mental, aplicando a situações particulares e ampliando sua capacidade de aprender novos conceitos, passando a realizar operações mentais. Ao responder os exercícios o aluno passa a analisar o resultado encontrado, fazendo reflexões e podendo até questioná-los, tornando-se crítico. O aluno que atua com o pensamento teórico está mais preparado para lidar com situações do seu cotidiano que necessitam dos conceitos para serem solucionadas. Para alcançar o pensamento teórico o professor utiliza o estudo lógico e histórico dos conceitos, do planejamento das aulas e das atividades de estudo, bem como de exercícios seguindo o método do abstrato ao concreto.

De acordo com Freitas (2011b, p. 71), o legado teórico de Davydov mostra caminhos ao professor para que busque constituir sua atividade de ensino como “um processo que contribui para a constituição da subjetividade de seus alunos, promovendo seu desenvolvimento”.

Davydov (1988a) elaborou cinco passos para organização do ensino desenvolvimental,

sendo eles: 1) transformação dos dados da tarefa e obtenção do núcleo do conceito; 2) modelação da relação conceitual básica identificada; 3) transformação do modelo e análise das suas relações; 4) realização de tarefas particulares utilizando o conceito; 5) monitoramento e controle de todas as ações realizadas.

Na transformação dos dados da tarefa o professor deve propor uma ou mais atividades que coloque os alunos em situações que solicitem lançar mão do conceito a ser estudado pela turma para que se consiga resolver a questão. No caso da Física o professor pode explorar diversas situações hipotéticas do cotidiano que se aproximam da realidade, visto que a disciplina estuda os fenômenos da natureza e as tecnologias. Por exemplo, o professor pode propor atividades de estudo que abordem andar de ônibus, andar a cavalo ou de skate, e relacioná-las ao conceito de Inércia. O professor pode também elaborar experimentos que tratam dos conceitos que deseja ministrar, de forma que ao montá-los e realizá-los tenha contato com o conteúdo a ser aprendido. Ao fazer o estudo lógico histórico do conceito a ser estudado o professor terá a possibilidade de propor tarefas que façam com que os alunos aprendam e que despertem seus espíritos científicos e criativos, utilizando de suas criatividade para aprender. Ao interiorizarem o conceito nuclear, os alunos estão preparados a detectar e solucionar os problemas concretos relacionados a ele.

A modelação da relação conceitual básica identificada é o momento em que os alunos tomarão os dados da tarefa e obterão o conceito, por meio de um enunciado, uma fórmula, um desenho, entre outros. Neste momento é importante que os alunos em grupo discutam os dados que puderam ser retirados das tarefas no intuito de chegar ao conceito. O professor pode orientar os alunos a agruparem os dados, por exemplo, para facilitar a análise dos mesmos. No caso da Inércia, os alunos devem chegar ao modelo que "todo o corpo permanece no seu estado de repouso, ou de movimento uniforme retilíneo, a não ser que seja compelido a mudar esse estado devido à ação de forças aplicadas".

A transformação do modelo e análise das suas relações é um momento em que os alunos põem à prova se internalizaram o conceito, e de realizar discussões e reflexões no que tange a situações que o envolvem, podendo ser mudanças nas ações de estudo. Os alunos devem detectar que as alterações feitas nas tarefas de estudo ferem o conceito de alguma forma e, portanto, não fica correto. Este é um bom momento para o professor discutir algumas confusões que os alunos fazem com determinados conceitos.

A realização de tarefas particulares utilizando o conceito é o momento em que os alunos utilizarão o conceito interiorizado em situações concretas. Cabe ao professor elaborar questões em que as situações exploradas sejam relacionadas com suas experiências cotidianas.

No caso da Inércia o professor pode pedir que os alunos resolvam a seguinte questão: imagine que você está em cima de um cavalo que está galopando em disparada e para repentinamente. O que acontece com você no momento em que o cavalo para? E como isso pode ser explicado cientificamente?

O monitoramento e controle de todas as ações realizadas é uma etapa de fundamental importância para o professor e cabe a ele muita sensibilidade para observar se os alunos estão interiorizando o conceito, e de maneira correta. Este é o momento do professor corrigir alguns erros que porventura os alunos estejam cometendo, estimulá-los a fazer as reflexões necessárias para alcançarem o conceito. Este também é o momento do professor chamar a atenção daqueles alunos que não estiverem realizando as tarefas. Os alunos devem examinar se estão realizando as ações conforme proposto por meio de autoavaliações durante todo o processo, de modo que eles possam alcançar os objetivos propostos, cabendo ao professor fazer as intervenções necessárias. No caso da Inércia o professor poderia, por exemplo, perguntar nos grupos quando estivessem discutindo entre eles: o objeto tenderia a continuar em qualquer tipo de movimento?

Para o ensino de Física esta metodologia é promissora pelo fato de apresentar um potencial de contribuir na melhoria da qualidade da aprendizagem dos alunos de Ensino Médio, visto que o aluno atuando com o pensamento teórico é capaz de lidar com maior êxito nas situações do seu cotidiano pelo fato de lançar mão dos conceitos interiorizados na solução dos problemas. O aluno passa a tomar decisões subsidiadas pelos conceitos científicos interiorizados por ele, desvencilhando dos conceitos cotidianos.

### **CAPÍTULO III – HISTORIANDO E CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA**

Este Capítulo tem por objetivo descrever detalhadamente a pesquisa empírica que consistiu em um experimento didático formativo. Primeiramente são apresentadas algumas considerações sobre a natureza do objeto da pesquisa e as razões pelas quais se optou pelo experimento didático formativo. Depois, são apresentados o campo e os participantes da pesquisa, o perfil do professor, o perfil dos alunos, o perfil de cada aluno e o contexto pesquisado. Por fim passa-se à apresentação das etapas da pesquisa (fase preliminar, estudo lógico histórico dos conceitos, tarefa de diagnóstico, plano de ensino desenvolvimental e sua execução) e da categorização.

#### **1. Objeto da pesquisa e argumentos pelo experimento didático formativo**

A natureza do objeto da pesquisa apontou para o experimento didático formativo, um procedimento investigativo peculiar à teoria histórico-cultural, como modalidade de pesquisa na tentativa de encontrar respostas ao problema de pesquisa. Buscou-se oferecer uma contribuição à compreensão e ao enfrentamento no contexto da escola da não aprendizagem de Física como um fenômeno presente nos discursos de alunos e professores, com forte ressonância nas salas de aula, sobretudo no Ensino Médio. Para isso, definiu-se como objetivo geral da pesquisa analisar a ocorrência de mudanças na aprendizagem das leis de Newton por alunos do Ensino Médio ao ser utilizado no ensino o aporte teórico-metodológico de Davydov.

Foi, portanto, uma investigação de natureza educacional e especificamente no campo da didática e teve a finalidade de contribuir para mudar as relações presentes no ensino e aprendizagem de Física e não apenas descrevê-las quantitativamente ou de forma interpretativa.

O objeto da pesquisa educacional assume características que tornam impossível investigá-lo de forma quantificável, observável e mensurável, bem como analisar os dados e resultados na forma de relações causa e efeito. Neste sentido, a presente pesquisa dificilmente pode ser repetível ou replicável e fica afastada a perspectiva da neutralidade científica (ARNAL; IGEA; LATORRE, 1992).

Buscou-se enfocar o problema do ensino e aprendizagem de Física compreendido como práxis, assumindo-se na pesquisa um compromisso científico e social de caráter emancipatório. Se consideradas as caracterizações da pesquisa qualitativa em educação

apresentadas por autores do campo da educação que discutem essa abordagem de pesquisa, (BOGDAN; BIKLEN, 1994; LAVILLE; DIONE, 1999; LUDKE; ALVES; ANDRÉ, 2013), a presente pesquisa poderia ser caracterizada como tal. Entretanto, sob a lógica orientadora do paradigma histórico-cultural, em particular a teoria do ensino desenvolvimental e, ainda, considerando-se o objeto investigado, a presente pesquisa caracteriza-se como um experimento didático formativo, ou simplesmente experimento formativo, como denomina Davydov (1988a). A seguir passa-se à caracterização do experimento didático formativo realizado.

Davydov em suas pesquisas relata que estudar as “peculiaridades da organização do ensino experimental e sua influência no desenvolvimento mental dos escolares exigiu a aplicação de um método especial de pesquisa, que, na psicologia, é comumente chamado de experimento formativo” (DAVYDOV, 1988a, p. 195). Refere, ainda, que esse método se baseia na organização e reorganização de novos planos ou projetos de educação e ensino, bem como dos procedimentos necessários para serem concretizados. Para o autor um plano de ensino, no contexto de um experimento formativo, não tem por objetivo a adaptação do aluno a um nível de desenvolvimento já existente, já formado, mas a formação de um novo nível de desenvolvimento mediante as ações que o professor propõe para o estudo de certo conteúdo.

O experimento didático formativo é uma investigação pedagógica de base histórico-cultural e seu foco está na relação entre professor e alunos em atividade de ensino e aprendizagem. É uma alternativa na pesquisa sobre as relações entre ensino e aprendizagem, e pode contribuir no avanço da didática e das metodologias específicas das disciplinas, mas sua utilização requer que o pesquisador tenha conhecimento dos princípios da teoria histórico-cultural, domínio do conteúdo, dos procedimentos investigativos da ciência ensinada e dos procedimentos pedagógico-didáticos para o ensino. O termo experimento na abordagem histórico-cultural não tem o mesmo significado daqueles experimentos de cunho positivista. Também não equivalem aos realizados por professores em aula com o objetivo de demonstrações científicas aos alunos. A melhoria na qualidade do ensino perpassa pela disponibilidade de variadas referências que podem auxiliar os professores em sala de aula (FREITAS, 2010).

É “experimento” por tratar-se de por em prática uma intervenção pedagógica por meio de determinada metodologia de ensino, visando promover as ações mentais do aluno para que haja mudanças em seus níveis futuros esperados de desenvolvimento mental. É “formativo porque se trata de uma sucessão de ações e interações que vão ocorrendo na atividade dos alunos, obedecendo a um processo em que vão sendo formadas ações mentais”. Desse modo, o experimento didático formativo pode ser caracterizado como pesquisa da, para a, com a, prática de ensino, gerando elementos variados para uma análise das suas possibilidades e limites (FREITAS, 2010, p. 3).

A autora também considera que, na abordagem histórico-cultural, o experimento didático formativo é uma variante do método genético utilizado por Vygotsky em suas pesquisas visando estudar um objeto durante seu transcurso evolutivo. De forma semelhante, no experimento formativo, o pesquisador busca estudar mudanças no pensamento dos alunos no transcurso do processo ensino e aprendizagem. Referindo-se a Vygotsky a autora escreve:

[...] em suas obras, uma parte significativa foi destinada à explicação materialista dialética da formação e desenvolvimento dos processos psicológicos humanos. Nelas esse autor utilizou freqüentemente termos como experimento, estudo experimental, investigação experimental. Seu argumento básico era que, na perspectiva materialista dialética, a experimentação é um procedimento que se realiza como processo de captar, compreender e explicar o movimento que dá origem às funções psicológicas humanas. Essa é a condição genética concreta das funções psicológicas. Conjuntamente a esse método, a análise deve revelar as reais relações dinâmicas que originam um objeto (análise genética) (FREITAS, 2010, p. 4-5).

Como variante do método genético de Vygotsky, o experimento didático formativo desenvolvido por Davydov, busca analisar mudanças no pensamento dos alunos em relação com seu aprendizado a partir de determinado modo do professor ensinar. Essas mudanças são investigadas no decurso do processo de ensino e aprendizagem durante o estudo de um objeto, um conteúdo, pelos alunos. Para esse estudo, o professor propõe a tarefa e a organiza em ações que os alunos realizam (Cf. Capítulo II desta tese), ao mesmo tempo em que examinam seu método de pensamento em relação ao objeto da aprendizagem. O método de pensamento presente na tarefa visa contribuir para os alunos formarem um pensamento teórico em relação ao objeto. O pesquisador, portanto, ao organizar o ensino de certo objeto, interessa-se pelas mudanças no pensamento dos alunos em direção ao pensamento teórico do objeto, o seu conceito.

## **2. O campo e os participantes da pesquisa**

A escolha da escola como campo da pesquisa iniciou-se considerando que uma das condições para realizar o experimento didático formativo é a participação de um professor que ensine o conceito tratado, e que possa atuar como colaborador da pesquisa. No caso dessa pesquisa, definiu-se que o professor colaborador, além de conhecimento de Física, também deveria ter um conhecimento básico da teoria de Davydov, pois se considerou ser esse um fator importante para se realizar o experimento didático formativo e colocar em prática o plano de ensino experimental. Definido o professor colaborador, seus alunos seriam os participantes da pesquisa.

Foram, então, delineados critérios de inclusão e critérios de exclusão, quanto à

Instituição de Ensino, ao professor e aos alunos, para participação na pesquisa. Os critérios de inclusão foram os seguintes:

- quanto à escola: ser pública, oferecer Ensino Médio, estar localizada no estado de Goiás, aceitar participar da pesquisa;
- quanto ao professor: ser professor na disciplina de Física no primeiro ano do Ensino Médio, ter conhecimentos básicos da teoria de Davydov, aceitar participar da pesquisa;
- quanto aos alunos: estar matriculado e cursando o primeiro ano do Ensino Médio na escola; aceitar participar da pesquisa; ter o termo de consentimento para participação na pesquisa assinado por um dos pais ou responsável(eis).

Os critérios de exclusão foram os seguintes:

- quanto aos alunos: não participar de qualquer das etapas do experimento didático formativo, desvincular-se da escola durante a pesquisa.

Com esses critérios, a busca da escola e professor iniciou-se pela cidade de Goiânia e região metropolitana e não se localizou nelas um professor que atendesse aos critérios de inclusão. Partiu-se para uma busca em escolas públicas de Ensino Médio na região metropolitana de Goiânia e localizou-se no município de Hidrolândia (a 35 quilômetros da capital), no Instituto Federal Goiano Câmpus Avançado Hidrolândia, um professor que atendeu a todos os critérios de inclusão. Este professor encontrava-se ensinando a disciplina de Física para estudantes do primeiro ano do curso Técnico Integrado em Manutenção e Suporte em Informática e prontamente aceitou o convite a participar da pesquisa. Verificou-se que também aquele Instituto atendia aos critérios de inclusão e assim encerrou-se a busca.

Portanto, ficaram definidos como campo da pesquisa o Instituto Federal Goiano Câmpus Avançado Hidrolândia, como professor colaborador da pesquisa o professor de Física do curso Técnico Integrado em Manutenção e Suporte em Informática, e como participantes, alunos matriculados nessa disciplina.

Para a entrada em campo foram cumpridas algumas exigências prévias. A primeira foi a solicitação oficial de permissão para entrada do pesquisador na escola com fins de pesquisa e a autorização da direção do Câmpus, professora mestre Alessandra Edna de Paula. Após, o projeto da pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética da PUC Goiás e com sua aprovação deu-se início à pesquisa de campo.

## 2.1 PERFIL DO PROFESSOR

O professor colaborador é doutorando em Educação no Programa de Pós-Graduação

(PPGE) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Possui bacharelado em Física pela Universidade Federal de Goiás (UFG) concluído no ano de 1999, mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) finalizado no ano de 2003 e especialização em Educação Profissional Integrada à Educação Básica na Modalidade de Jovens e Adultos - PROEJA concluída em 2010. Atualmente é professor efetivo do IF Goiano câmpus avançado de Hidrolândia. Possui conhecimentos em Física e experiência docente nos Ensinos Médio e Superior a mais de 10 anos. Ao longo deste período ele teve a oportunidade de ministrar aulas sobre as leis de Newton em três níveis/modalidades de ensino concomitantemente: no Ensino Superior, na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e no Ensino Médio Integrado. Esta experiência permitiu que ministrasse o mesmo conteúdo em diferentes linguagens e com diferentes abordagens, possibilitando-lhe melhor compreensão das dificuldades de aprendizagem na disciplina Física. Um critério importante para a participação na pesquisa foi o fato do professor ter adquirido conhecimento da teoria do ensino desenvolvimental ao ter cursado a disciplina optativa Didática Avançada, que aprofunda o estudo dessa teoria.

O professor colaborador iniciou o ano letivo ensinando os alunos com o método convencionalmente utilizado por ele: aulas expositivas magistocêntricas e pouco dialogadas. Embora buscasse trazer a experiência e vivência cotidiana dos alunos para a aula, obtinha deles pouca participação e, por outro lado, a abertura da palavra aos alunos sem a adequada mediação do professor resultava em muita conversa entre eles sobre outros assuntos, prejudicando as aulas e provocando descontentamento daqueles que se interessavam pela aprendizagem.

## 2.2 PERFIL DOS ALUNOS

Tendo em vista contemplar, ainda que de modo aproximado, o cotidiano dos alunos e suas experiências, buscou-se conhecer alguns elementos de sua vida individual.

De acordo com o apêndice 11, que traz os dados familiares dos alunos, apenas a aluna A14 mora na capital do estado, Goiânia, dois alunos (A04 e A12) moram na zona rural e os demais moram na cidade de Hidrolândia. Todos os alunos vivem com a família. Buscou-se conhecer qual a escolaridade dos pais e obteve-se que seis pais possuem Ensino Fundamental, oito possuem Ensino Médio, um estava cursando graduação, três possuem graduação e um possui pós graduação. Entre as mães, quatro possuem Ensino Fundamental, nove possuem Ensino Médio, uma estava cursando graduação, cinco possuem graduação e cinco possuem

pós graduação. Quanto à atividade remuneradas, identificou-se que apenas 5 dos alunos encontravam-se exercendo algum trabalho remunerado (A15, A16, A17, A24, A25).

Para conhecer brevemente a vida escolar dos alunos, foram coletadas algumas informações (Apêndice 12) que permitiram identificar treze alunos cursaram o Ensino Fundamental em escola pública, quatro em escola particular e oito em escolas públicas e particulares.

Sobre dificuldade de aprendizagem em Física, apenas a aluna A16 respondeu afirmativamente; outros 16 alunos indicaram dificuldade em Matemática e os demais não referiram dificuldade. Esse dado chama à atenção pelo contraste que apresenta em relação à literatura sobre o tema, que aponta a Física como disciplina considerada muito difícil pelos estudantes (VEIT; TEODORO, 2002), e, inclusive, que os alunos “odeiam” a disciplina (SOUZA JÚNIOR, 2006). Uma possível explicação para os participantes dessa pesquisa não terem expressado a existência de dificuldade pode ser a de que talvez se sentiram envergonhados em revelar dificuldades ou talvez não quisessem “desagradar” o pesquisador, por saberem ele um professor de Física.

Acerca das horas de estudo fora da escola, quatro alunos não responderam a pergunta (A01, A05, A13, A26) e cinco responderam que não estudam (A17, A20, A21, A23 e A24); 18 referiram estudar de 1 a 2 horas por semana (A02, A03, A04, A06, A07, A08, A09, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A18, A19, A22, A25 e A27) e apenas um (A03) referiu estudar de 3 a 5 horas por semana. Sobre o valor da escola em sua vida, duas alunas não responderam (A07 e A21) enquanto os demais responderam afirmativamente. E quanto ao valor do saber escolar para suas vidas, todos responderam afirmativamente.

A respeito da crença religiosa e do lazer (Apêndice 13), três alunos responderam não possuir uma crença e os demais responderam que sim. Quanto a passeios e viagens, onze alunos responderam não ter costume de viajar e os demais responderam afirmativamente.

Sobre o uso de aparelho celular, de computador e de internet, uma aluna (A12) afirmou não ter celular e duas (A02 e A15) responderam não utilizar computador. Catorze alunos responderam que utilizam o computador apenas às vezes; 10 alunos responderam que o utilizam sempre e ou frequentemente. Os alunos A12, A15, A16 e A20 referiram não ter acesso à internet em casa. Em relação ao conhecimento de informática, 2 consideraram seu conhecimento muito bom, dezenove consideraram ter um bom conhecimento e 3 consideraram ter um conhecimento ruim ou pouco.

### 3. O contexto pesquisado

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal Goiano Câmpus Avançado Hidrolândia, situado no município de Hidrolândia. O Instituto ocupa uma área física doada em dia 18 de junho de 2013 pelo município de Hidrolândia, e era uma propriedade rural denominada Retiro que abrigava a antiga Escola Agrícola ao IF Goiano e o Câmpus Morrinhos implantou o Câmpus Avançado, ampliando sua área de atuação e assumindo mais uma unidade de ensino. Os cursos ofertados visam atender as demandas locais e adjacências formando cidadãos e profissionais por meio do ensino público, gratuito e de qualidade (IF GOIANO, 2014).

O Instituto Federal Goiano Câmpus Avançado Hidrolândia funciona nos turnos matutino e vespertino, e é uma escola pública de Ensino Médio. Possuía à época da coleta de dados (março de 2016) 96 alunos matriculados, e 16 professores. No Ensino Médio são oferecidos cursos técnicos nas modalidades Concomitante/Subsequente e Técnico Integrado ao Ensino Médio, sendo que no curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio estavam matriculados 29 alunos, todos do primeiro ano. Define como sua missão institucional “oferecer ensino, pesquisa e extensão buscando o padrão de excelência, visando formar cidadãos que contribuam com o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida” (IF GOIANO, p. 1, 2014). O Decreto 5.154/04 define que a educação profissional e tecnológica de nível médio pode ser ofertada na forma integrada, concomitante ou subsequente (BRASIL, 2004).

A Lei 11.892/08 define que os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) devem ofertar educação profissional e tecnológica em todos os níveis e modalidades, tendo como objetivo oferecer no mínimo 50% das vagas para cursos profissionalizantes de nível médio técnico, destinados a egressos do Ensino Fundamental, prioritariamente na forma integrada (BRASIL, 2008).

O Projeto Pedagógico do curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática destaca a função social do IF Goiano e define seu currículo como baseado na prática educativa emancipatória e transformadora dos alunos.

A disciplina Física no contexto do IF possibilita uma relação intrínseca com a parte técnica do curso, visto que a maioria dos cursos envolve conteúdos de tecnologia e requer conhecimentos de Física. Com relação à formação do aluno no IF Goiano câmpus Hidrolândia a presente proposta está em consonância com o que é estabelecido no projeto do curso, possibilitando a formação do egresso no perfil pretendido pela instituição.

#### 4. Etapas da pesquisa

O período de coleta de dados em campo foi de 15 de fevereiro de 2016 a 18 de abril de 2016. O período de ambientação contemplou 6 aulas e um total de 5 horas, e foi de 15 de fevereiro de 2016 a 29 de fevereiro de 2016, de forma que o professor pesquisador iniciou o ano letivo juntamente com a turma. A tarefa de diagnóstico foi realizada pelos alunos durante uma das aulas da disciplina Física, num total de 1,7 hora, no dia 7 de março de 2016 e consistiu na solução de alguns problemas envolvendo leis de Newton, visando possibilitar ao pesquisador a obtenção de informações acerca do conhecimento que possuíam sobre leis de Newton. O experimento didático formativo contemplou 12 aulas e um total de 10 horas. As entrevistas foram realizadas pelo pesquisador, ao longo da permanência em campo, na própria escola pesquisada, em horário estabelecido em comum acordo com os entrevistados, e gravadas em áudio para posterior transcrição, com a autorização de todos os entrevistados.

A análise da tarefa de diagnóstico realizada pelos alunos (descrita na seção seguinte desta tese), em seu conjunto, foi orientada pelo conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vigotsky. Essa análise serviu como referência para a formulação do plano de ensino desenvolvimental a ser concretizado pelo professor colaborador.

Em seguida, o professor colaborador passou a desenvolver o plano de ensino desenvolvimental, sob supervisão do pesquisador, que permaneceu em todas as aulas realizando a observação direta não participante e a filmagem das aulas, de acordo com o roteiro proposto, totalizando 12 aulas e 10 horas. Portanto, durante a permanência do pesquisador em campo, foram observadas 20 aulas, num total de 16,7 horas.

Considerando o tipo de dados relevantes e necessários para atingir os objetivos da pesquisa, optou-se por utilizar os seguintes instrumentos:

- questionário aplicado aos alunos (Apêndice 3);
- roteiro de entrevista semi-estruturada com o professor (Apêndice 4);
- roteiro de entrevista semi-estruturada com os alunos (Apêndice 5);
- roteiro de observação direta não-participante das aulas de Física (Apêndice 6);
- tarefa de diagnóstico do conhecimento das leis de Newton pelos alunos (Apêndice 7);
- plano de ensino desenvolvimental das leis de Newton (Apêndices 8, 9 e 10).

O questionário serviu de suporte para fornecer informações relacionadas aos aspectos sociais e culturais dos alunos, imprescindíveis na análise dos dados, em que grande parte do que o aluno aprende está relacionado com estas questões. O pesquisador fez a análise dos dados obtidos no experimento didático formativo e nos questionários, ficando algumas

lacunas que foram elucidadas na entrevista com os alunos.

#### 4.1. FASE PRELIMINAR

A fase preliminar consistiu na entrada do pesquisador em campo desde o primeiro dia de aula da turma, para observações informais da escola, dos alunos e do professor. Essa fase, com uma duração de 8 aulas de 50 minutos, durante 21 dias, teve como objetivo fazer com que os alunos conhecessem o pesquisador no intuito de familiarizarem com ele. Desta forma, o pesquisador não se tornaria um corpo estranho dentro da sala, interagiria com os alunos e obteria mais dados relacionados aos aspectos sociais e culturais dos alunos.

#### 4.2 ESTUDO LÓGICO HISTÓRICO DOS CONCEITOS

Nesta etapa procedeu-se à análise lógico e histórica do conteúdo selecionado para ser contemplado no experimento didático formativo dessa pesquisa, que são as leis de Newton, a fim de identificar as relações gerais básicas que formam o núcleo conceitual de cada uma delas.

#### 4.3 TAREFA DE DIAGNÓSTICO

Esta etapa consistiu na realização de uma tarefa de diagnóstico com a finalidade de identificar o conhecimento dos alunos sobre leis de Newton. Essa avaliação foi realizada por meio da resolução pelos alunos de dez questões<sup>7</sup> relacionadas ao cotidiano deles e que necessitavam dos conceitos preconizados pelas leis de Newton para serem respondidas.

Os alunos responderam a tarefa de diagnóstico a fim de verificar a noção que tinham dos conceitos que seriam aprendidos a posteriori, dando subsídio para se verificar qual era a zona de desenvolvimento proximal de cada aluno. A avaliação continha questões relacionadas ao cotidiano dos alunos e para responder deveriam lançar mão das três leis de Newton.

A análise da tarefa de diagnóstico permitiu ao pesquisador compreender a situação coletiva da turma, ou seja, se o conhecimento que os alunos apresentavam sobre leis de Newton consistia em ideias de senso comum e ideias científicas informais, conforme

---

<sup>7</sup>Não se buscou questões do ENEM e de vestibulares por estarem fundamentadas em uma lógica de construção que difere da teoria do ensino desenvolvimental. Esta condição levou o autor da pesquisa a desenvolver as questões levando em consideração a ação investigativa na formação dos conceitos, os motivos e contexto

denomina Driver *et. al* (1999), e que apropriação apresentavam, ou não, dessas leis e, dessa forma, fornecer indícios de qual seu desenvolvimento proximal em relação a esse sistema conceitual.

Conforme Hedegaard e Chaiklin (2005) na educação escolar o professor, ao planejar o ensino, cria condições para que os alunos estabeleçam relações entre o conhecimento presente na família e na comunidade e o conhecimento científico, da matéria. Para tal, o professor precisa compreender como criar essa relação para o grupo, o que é possível pelo fato de que os alunos já possuem em comum certo conhecimento adquirido nas suas práticas culturais na família, na vida social, na comunidade em que vivem. Por essa razão, o professor precisa conhecer, minimamente, conhecimentos e práticas comuns entre os alunos. A partir desse conhecimento, o professor pode criar formas de, na tarefa, explorar as possibilidades de os alunos fazerem relações entre esses conhecimentos e o conhecimento científico da matéria, de forma cooperativa entre eles.

A tarefa de diagnóstico também teve o propósito de permitir ao pesquisador conhecer de que forma a turma se compunha enquanto um grupo de sujeitos em interação e contribuir para a proposta de formação de grupos de trabalho durante as aulas do ensino experimental, de modo a permitir a presença, em cada grupo, de alunos com diferentes situações de conhecimento em relação às leis de Newton e, desse modo, possibilitar que as interações entre eles pudessem favorecer que os mais experientes e com mais compreensão do assunto colaborassem com aqueles com menor experiência e compreensão. A partir dessa visão inicial o pesquisador teve elementos para propor mudanças na composição dos grupos a cada etapa do ensino desenvolvimental.

Tal tarefa foi composta de dez questões que abrangeram as três leis de Newton: as questões 1 e 2 trataram da primeira lei, sendo elas: imagine que você está em cima de um cavalo que está galopando em disparada e para repentinamente. O que acontece com você no momento em que o cavalo para? E como isso pode ser explicado cientificamente?, e imagine um acidente em que um carro capote estando a uma velocidade de 80km/h. O que pode ocorrer com as pessoas dentro do carro caso não estejam usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado? E qual seria a diferença caso estejam usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado?.

As questões 3 a 7 trataram da segunda lei, sendo elas: você está limpando seu quarto, precisa retirar uma pilha de livros com 5kg que está sobre a mesa e para isso aplica uma força

vertical de 10N. Como proceder para calcular antes se com essa força você conseguirá erguer os livros?, você está passando por uma rua horizontal e vê um amigo com o carro que não está dando partida. Você oferece ajuda para empurrar o carro para a direita e com velocidade constante. Nesse caso, desprezando-se a resistência do ar e os atritos, que forças atuam no veículo? Como podem ser representadas? Imagine que o local onde está o carro permite a vocês empurrarem no sentido de uma subida e no sentido de uma descida. Em qual sentido você prefere empurrar o carro? Por quê? De repente você vê outro amigo passando pela rua e pede ajuda a ele. Seu amigo vê que o porta malas do carro está cheio e pede para o dono do carro retirá-las para ficar mais fácil de empurrá-lo. Você concorda com seu amigo? Por quê?, você vai até uma feira fazer compras e leva um carrinho de feira para trazê-las. É mais fácil colocar o carrinho em movimento quando ele estiver vazio ou cheio? O que explica tal fato?, você está de bicicleta e um colega pede carona para ir na garupa da mesma. Você nota alguma diferença para pedalar após ele sentar na garupa? Qual? Como pode ser explicada?, e o pai do seu amigo, que é caminhoneiro, diz que quando o caminhão dele está descarregado faz 5 km/l de diesel e que quando está carregado faz 4 km/l de diesel. Como proceder para saber se a afirmação do pai do seu amigo é correta? Por quê?.

As questões 8 e 9 trataram da terceira lei, sendo elas: você está andando distraidamente e acerta o dedo do pé na quina da parede, sentindo muita dor. Como explicar cientificamente este fato a partir dos seus conhecimentos de Física?, e imagine que o professor faça o seguinte: coloque um pedaço de barbante dentro de um anel, prende o barbante a uma altura de 1,50m de um lado a outro da sala, prende no anel uma bexiga cheia de ar, de modo que não escape o ar da bexiga, e leva o sistema bexiga/anel para o centro da sala. Ao soltar a bexiga, de modo que o ar passe a sair dela, o que acontecerá? Por quê?; e a última questão abordou as relações que o aluno observou entre as questões anteriores, sendo ela: você identifica alguma semelhança quanto ao modo de pensar e resolver os problemas apresentados, que pode ser considerada uma ou mais relações básicas? Qual(is) é(são) ela(s)? (Apêndice 7).

A tarefa de diagnóstico possibilitou obter dados acerca da zona de desenvolvimento real dos alunos e deu indícios de fatores do cotidiano de vida deles que pudessem influenciar no ensino e aprendizagem dos conceitos referentes às três leis de Newton, e mostrou que a maioria dos alunos (20 de 27) respondeu as questões utilizando conhecimentos de senso comum e ideias científicas informais (Cf. DRIVER *et. al*, 1999). Alguns, embora tenham deduzido e chegado a respostas corretas, não forneceram indícios de estarem se apoiando nas leis de Newton. O que se verificou foi que os alunos apresentaram de forma muito mais

frequente o que se considerou como um conhecimento muito mais próximo de se caracterizar como empírico do que como científico, sendo esse conhecimento apresentado de forma muito breve, não manifestando movimento teórico explicativo do problema.

Portanto, considerou-se para o plano de ensino desenvolvimental que o grupo estava com uma zona de desenvolvimento proximal mais próxima ao conhecimento cotidiano ou a um conhecimento científico informal, do que ao conhecimento teórico-científico das leis de Newton. A partir dessa constatação, a decisão, em relação ao plano de ensino desenvolvimental foi elaborar planos de ensino que visaram seguir ao máximo os seis passos propostos por Davydov, aproximar os conceitos cotidianos dos conceitos científicos e despertar o desejo pelo estudo das leis de Newton. Um ponto importante a ser levantado nesta análise é o fato de muitos alunos possuírem dificuldade em se desvencilhar dos conceitos cotidianos que já foram assimilados por eles para se alcançar o conceito científico.

#### 4.4 PLANO DE ENSINO DESENVOLVIMENTAL

A terceira etapa foi a elaboração do plano de ensino (Apêndices 8, 9 e 10), organizado em ações de estudo na forma de tarefas a serem realizadas pelos alunos com orientação do professor. Essa elaboração coube ao pesquisador que, no entanto, contou com o professor de Física participante da pesquisa como colaborador nesta etapa e na concretização do plano de ensino durante as aulas de Física, orientando a atividade de estudo dos alunos.

Os planos de aula sobre a primeira, a segunda e a terceira leis de Newton foram elaborados em conjunto com o pesquisador, sua orientadora e o professor colaborador, seguindo os preceitos e as orientações que caracterizam o experimento didático formativo segundo a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov. Para cada aula, elaborou-se um plano contendo o objeto da aprendizagem, a relação geral básica e os seis passos de Davydov, sendo eles: 1) tarefa com um problema envolvendo o conceito a ser estudado, contendo ações práticas e ações mentais, para que os alunos identifiquem e extraiam dados, analisando-os e identificando a relação geral básica (princípio geral) deste conceito; 2) modelação da relação geral básica, ou seja, enunciar o conceito; 3) transformação do modelo da relação geral básica para estudar suas propriedades em “forma pura”; 4) realização de um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas utilizando o princípio geral do conteúdo estudado; 5) monitoramento e controle da realização das ações anteriores; e 6) avaliação da aprendizagem do princípio geral (conceito) estudado.

As tarefas referentes à primeira lei de Newton (determinado objeto permanece com

sua condição de movimento, podendo ser repouso ou movimento uniforme, quando a força resultante aplicada sobre ele for igual a zero) tiveram a intenção de trazer para o cotidiano dos alunos uma aplicação do conceito. Os vídeos tiveram a intenção de realçar a importância do conceito em suas vidas cotidianas e revelar a importância da utilização do cinto de segurança quando estiverem a bordo de veículos automotores.

As tarefas relacionadas à segunda lei de Newton (força resultante é igual à multiplicação da massa pela aceleração) não estavam relacionadas diretamente com o cotidiano dos alunos, mas utilizou materiais do cotidiano dos alunos. A tarefa de soprar as bolinhas relacionadas à segunda lei de Newton objetivou que os alunos alcançassem a relação geral básica, que é a relação entre força resultante, massa e aceleração. Quando os alunos sopraram as esferas eles puderam perceber que a que possuía massa inferior teve uma maior aceleração e a que possuía massa superior obteve uma menor aceleração. A tarefa que consistiu nos dinamômetros e nos pesos teve a intenção dos alunos possuírem dados que os auxiliassem a chegar ao modelo da segunda lei de Newton.

As tarefas relacionadas à terceira lei de Newton (toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção, de sentidos opostos e em corpos diferentes) também não estavam relacionadas diretamente com o cotidiano dos alunos, mas utilizou materiais do cotidiano dos alunos e mostrou a aplicação do conceito em uma situação de avanço tecnológico. A tarefa de mostrar o lançamento de um foguete teve a intenção de dar dados para que os alunos alcançassem a relação geral básica, além de despertar o interesse deles pelo estudo do conceito, visto que foram imagens de impacto. A tarefa das bexigas cheias de ar teve a intenção de utilizar materiais do cotidiano dos alunos para montar um experimento em que havia a aplicação do conceito, fornecendo dados a eles para que alcançassem o modelo.

As questões elaboradas para que os alunos realizassem a generalização foram elaboradas buscando aproximar a situações que os alunos tivessem contato em seus cotidianos.

#### 4.5 EXECUÇÃO DO PLANO DE ENSINO DESENVOLVIMENTAL

Na quarta etapa houve a execução do plano de ensino experimental, para isso foram utilizadas 12 aulas de 50 minutos cada. Esta etapa incluiu uma avaliação da aprendizagem dos alunos que se assemelhou à tarefa de diagnóstico e o objetivo foi verificar indícios de mudanças na aprendizagem dos alunos em relação à tarefa de diagnóstico.

Ao término das atividades relacionadas a cada uma das leis de Newton os alunos fizeram uma autoavaliação para verificar como havia sido o aprendizado deles diante daquele determinado conceito e a que fatores eles deviam tal aprendizado. Ela consistiu no aluno responder sobre seu aprendizado, se teve facilidade ou dificuldade e quais os motivos que ele atribuiu a seu desempenho. Este relato permite inferir a importância de aproximar os conceitos científicos ao cotidiano dos alunos e mostra que é possível a aplicação dos mesmos em suas vidas diárias.

A autoavaliação permitiu que os alunos fizessem uma análise dos fatores que os favoreceram e os que não favoreceram no alcance do objetivo proposto, que foi a interiorização dos conceitos. Destacaram a importância dos momentos de prática, da associação dos conceitos científicos ao cotidiano deles e de se esforçarem mais nas aulas.

#### 4.6 CATEGORIZAÇÃO

Na análise dos dados foi utilizado o processo de categorização. Na concepção materialista dialética, Marx (2008, p. 259) explica que para a nossa consciência “o movimento das categorias aparece como o verdadeiro ato de produção” do real. Escreveu Marx:

[...] a totalidade concreta, como totalidade do pensamento, como uma concreção de pensamento, é, na realidade, um produto do pensar, do conceber; não é de nenhum modo o produto do conceito que se engendra a si mesmo e que concebe separadamente, e acima da intuição e da representação, mas é a elaboração da intuição e da representação em conceitos (MARX, 2008, p. 259)

No processo de categorização buscou-se conceber dessa forma as possíveis explicações dos achados na realidade pesquisada.

Kuenzer (1998, p. 64-66) compreende que as categorias são elementos que servem como critério para seleção e organização da teoria e dos fatos a serem investigados, em função dos fins da pesquisa. As categorias fornecem o princípio de sistematização que vai lhe conferir sentido, cientificidade, rigor, importância à pesquisa. Também para essa autora, na pesquisa orientada pela concepção materialista dialética há as categorias metodológicas e as categorias de conteúdo. As categorias metodológicas são aquelas do próprio método dialético (práxis, mediação, totalidade, contradição, historicidade etc.) e que apóiam a relação entre o pesquisador e o objeto que ele investiga, e os procedimentos que adota, iluminando todos os procedimentos. Essas categorias metodológicas são abstratas e universais, pois possibilitam investigar qualquer objeto e em qualquer realidade.

As categorias de conteúdo, por sua vez, são recortes particulares definidos a partir do

objeto e da finalidade da investigação e fazem a mediação entre o universal e o concreto. Para Kuenzer (1998), a metodologia é definida pela aplicação das leis universais (categorias metodológicas) ao particular (as categorias de conteúdo).

A experiência docente no ensino da disciplina Física e a leitura crítica possibilitada pelo estudo da teoria histórico-cultural e da teoria do ensino desenvolvimental sobre o problema da aprendizagem dos alunos nessa disciplina, permitiram chegar a uma visão crítica desse problema e tomar como objeto de pesquisa mudanças na aprendizagem de Física no Ensino Médio, em particular das leis de Newton. Para isso tomou-se uma sala de aula concreta, com o professor de Física e seus alunos, buscando analisá-la com as categorias metodológicas dessas teorias (formação conceitos, método de ascensão do abstrato ao concreto, atividade, apropriação, zona de desenvolvimento proximal, atividade humana e pensamento, atividade prática e atividade intelectual, atividade de estudo, aprendizagem e desenvolvimento, pensamento empírico e pensamento teórico e conhecimento), e nela realizar, concretamente, o ensino e aprendizagem das leis de Newton incorporando o método presente na teoria do ensino desenvolvimental.

Portanto, a partir das categorias metodológicas inicialmente tomadas, a análise consistiu no trabalho de elaboração das categorias de conteúdo originadas do olhar que foi possível ao pesquisador desenvolver, demarcado por sua experiência sociocultural com o problema, por seu próprio nível de desenvolvimento teórico e de aproximação com o método utilizado para pesquisá-lo, sendo elas: o conhecimento prévio dos alunos; as tarefas de estudo despertando os motivos dos alunos; movimento de apropriação da primeira lei de Newton; movimento de apropriação da segunda lei de Newton; movimento de apropriação da terceira lei de Newton; generalização do conceito da primeira lei de Newton; generalização do conceito da segunda lei de Newton e generalização do conceito da terceira lei de Newton.

Assim, buscou-se analisar uma realidade concreta de sala de aula por meio das categorias teóricas do ensino desenvolvimental para identificar relações concretas do processo de ensino e aprendizagem ancorado nessa teoria.

Estas considerações foram necessárias para esclarecer o modo pelo qual recorreu à categorização na análise dos dados originados do experimento didático formativo realizado nesta pesquisa.

Inicialmente foram definidas as categorias para a aproximação ao objeto da pesquisa, ou seja, mudanças na aprendizagem de Física pelos alunos. Com apoio em Davydov, foram definidas as categorias aprendizagem, conceito, pensamento teórico; apropriação, generalização; interiorização; atividade de estudo. Com apoio em Vygotsky definiu-se a

categoria zona de desenvolvimento proximal. E, em Leontiev, buscou-se a categoria atividade. Com essas categorias teóricas foram definidos como análise, as relações entre as mudanças na aprendizagem das leis de Newton pelos alunos e o processo do ensino desenvolvimental.

A análise desenvolveu-se sobre cada uma das leis de Newton, pois, por uma razão epistemológica, embora constitua um sistema conceitual, a organização didática da atividade de estudo dos alunos requereu o tratamento de cada uma em particular.

## **CAPÍTULO IV - EXPERIMENTO DIDÁTICO FORMATIVO DAS LEIS DE NEWTON**

Este capítulo apresenta a análise dos dados obtidos a partir das respostas do questionário, das entrevistas, das avaliações diagnóstica e escrita, assim como análise do fenômeno no próprio processo. O projeto foi submetido e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da PUC Goiás de acordo com o parecer número 1.369.299.

O experimento didático formativo foi elaborado a partir do estudo lógico e histórico das leis de Newton, das observações das aulas realizadas antes do seu início e da tarefa de diagnóstico. As tarefas foram organizadas de acordo com o movimento de ascensão do abstrato ao concreto. As tarefas de estudo objetivaram que os alunos, por meio de abstrações, interiorizassem os conceitos referentes às três leis de Newton e depois fizessem as generalizações nas situações concretas vivenciadas por eles.

Na turma haviam 27 alunos matriculados e que frequentavam regularmente as aulas. Foi adotada a estratégia de dividi-la em cinco grupos com 5 ou 6 integrantes. Foram utilizados os dados da tarefa de diagnóstico na formação dos grupos, uma vez que ela foi realizada no início do experimento no intuito de constatar a zona de desenvolvimento proximal dos alunos. De posse destes dados foram formados grupos com variadas zonas de desenvolvimento proximais, de modo que os alunos pudessem ajudar um ao outro ao longo da aula. Já na primeira aula do experimento didático formativo foi verificado a evolução de alguns alunos ao serem colocados em grupos, demonstrando em suas atitudes em sala que estavam mais motivados, tendo uma maior participação nas aulas e nas discussões nos grupos, impactando positivamente seu desempenho escolar. Ao longo do experimento didático formativo foi observado que os alunos com zona de desenvolvimento proximal mais ampla lideraram o grupo em que estavam presentes, coordenando as discussões no mesmo.

Os alunos se envolveram em todas as atividades propostas pelo professor, mas foi observado que a interação em um dos grupos formados foi bem aquém dos demais e constatou-se que o desempenho deles nas avaliações individuais foi abaixo da média da turma. Ao longo das aulas tiveram muitos comentários dos alunos que levaram o pesquisador a pensar que os desejos dos alunos estavam sendo despertados.

### **1. O conhecimento prévio dos alunos**

Para esta análise foram utilizados os dados obtidos da tarefa de diagnóstico, etapa em

que os alunos responderam 10 questões que abordaram situações dos seus cotidianos e que necessitavam dos conceitos das primeira, segunda e terceira leis de Newton para serem respondidas.

De um total de vinte e sete alunos, vinte e um (A01, A02, A04, A06, A07, A08, A09, A10, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A23, A24, A25 e A27) não utilizaram o conceito científico para justificar suas respostas, possibilitando perceber que a maioria dos alunos responderam as questões utilizando dados obtidos da observação direta e da experiência cotidiana, ou seja, conhecimentos cotidianos, dando indícios de seus níveis de desenvolvimento e de suas funções psicológicas superiores amadurecidas.

As alunas A06 e A12 escreveram, respectivamente, na sexta e na quarta questões o seguinte:

Sim, a bicicleta fica ainda mais pesada para movimentar. Pela força imposta e o peso que a dificulta (A06).  
 É mais fácil colocar o carrinho em movimento quando ele estiver vazio, porque o carrinho estava mais leve e mais fácil para o locomover (A10).  
 Preferia na descida, pois seria mais fácil fazer o carro deslocar-se. Não concordo, pois a força seria a mesma (A12).

Embora a resposta da A06 esteja correta, ela utilizou apenas conhecimentos oriundos de sua vivência cotidiana ao dizer que "ela fica mais pesada para se movimentar", não conseguindo apresentar uma justificativa científica expressa na segunda lei de Newton. A aluna lançou mão dos conceitos científicos de velocidade, força e peso em sua justificativa. Assim como A06, a resposta da A10 não apresenta erros e foram respondidas com conhecimentos cotidianos, mas mencionou apenas o conceito científico de velocidade para fundamentar sua justificativa.

A12, como também todos os seus colegas, na quarta questão respondeu apenas uma parte dela, visto que não representou as forças que atuavam no carro e não escreveu se o amigo estava correto ao pedir para retirar as bagagens do porta malas. A aluna também não justificou a questão utilizando os conceitos científicos e sua resposta foi respaldada em constatações verificadas em seu cotidiano ao dizer que "preferia na descida, pois seria mais fácil". O aluno saber representar, pelo menos, as forças envolvidos no fenômeno físico em estudo é muito importante, porque fornece um indício de que ele possui um conhecimento próximo do conceito que será aprendido.

Alguns conhecimentos cotidianos dos alunos são equivocados do ponto de vista científico pelo fato das observações do fenômeno realizadas por eles não tornar possível que tenham dados suficientes para que entendam o conceito em sua totalidade e por não ser possível que cheguem na essência do mesmo. Os alunos A02 e A17 escreveram,

respectivamente, na quinta e na primeira questões:

Cheio, porque quando vazio nós vamos andar pela rua e com as pedras o carrinho vai indo para um lado e para o outro e quando ele está cheio ele não vai pegar curva nenhuma (A02).

Na hora em que o cavalo para, ele exerce uma força para frente e dependendo do cavalo você pode até cair (A17).

A aluna A02 respondeu equivocadamente que fica mais fácil de empurrar o carrinho quando este se encontrar cheio devido à sua experiência cotidiana, em que ela deve andar por ruas que possuem pedras e nestas condições fica mais fácil empurrar o carrinho cheio. O aluno A17 cometeu um equívoco que deixa claro que respondeu a questão a partir de sua experiência diária, visto que ele gosta de andar à cavalo, ao afirmar em sua resposta que o cavalo "exerce uma força para frente". Esta afirmação está em desacordo com a primeira lei de Newton, base explicativa da situação explorada na questão, pois a força resultante deve ser nula no corpo do cavaleiro. Um ponto importante a ressaltar é que muitas vezes o aluno tem dificuldades em avançar no sentido do movimento dos conceitos cotidianos para os conceitos científicos e cabe ao professor propor tarefas que facilitem este processo.

Vinte e quatro alunos (A01, A02, A05, A06, A07, A08, A09, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25 e A27) mostraram nas respostas que não sabem a relação dos conceitos peso e massa, dando indícios de seus níveis de desenvolvimento mental e de suas funções psicológicas superiores amadurecidas. Vale ressaltar que é muito importante que o aluno tenha clareza da diferença entre os conceitos de massa e peso, visto que são dois conceitos essenciais no estudo da Dinâmica e, conseqüentemente, das leis de Newton. Destaca-se também que em muitos casos o aluno possui um conceito de peso equivocado advindo do seu conhecimento cotidiano, em que muitas vezes utiliza-se peso quando queria se referir à massa. É o caso da situação em que o aluno erroneamente diz averiguar seu peso e não sua massa quando sobe em uma balança. As alunas A01 e A06 escreveram, respectivamente, na terceira e na sexta questões o seguinte:

Para um newton são usados dois quilogramas (A01).

Sim, a bicicleta fica ainda mais pesada para movimentar. Pela força imposta e o peso em que dificulta (A06).

Pegaria três dos livros e iria sentir o peso, caso estivesse tranquilo pegaria os demais. Pelo fato de no meu dia a dia eu consigo pegar um saco de arroz que tem 5 kg então seria fácil pegar os livros sabendo que excede o valor (A12).

A aluna A01 fez uma relação importante, visto que peso é igual à massa vezes a aceleração da gravidade ( $g$ ), mas de forma equivocada pelo fato do peso de um objeto de 2 kg não ser 1 N. A aluna A06 respondeu que "a bicicleta fica ainda mais pesada para se movimentar". Neste caso o que torna mais difícil de pedalar não é o acréscimo de peso na

bicicleta, e sim o acréscimo de massa. A aluna A12 se esforçou para responder a questão, mas não a respondeu por não dizer se com uma força de 10 N ela conseguiria ou não carregar a pilha. Ela fez uma análise se daria conta ou não de carregar, independentemente da força aplicada, ao dizer que consegue carregar um saco de arroz que tem a mesma massa dos livros.

O aluno A22 buscou responder a primeira e a oitava questões utilizando conceitos científicos. Segue suas respostas:

A pessoa que está montando o cavalo provavelmente será lançada para frente do cavalo, logo caindo no chão. Isso acontece porque o corpo tende a permanecer em movimento e pode ser explicado pelo Princípio da Inércia, uma das leis de Newton (A22).

Isso acontece porque quando eu bato na quina ela exerce uma força maior e contrária à minha, além de ter determinada resistência (A22).

Na resposta da primeira questão o aluno se equivocou ao dizer que o corpo é lançado para frente e faltou caracterizar o movimento como uniforme ao escrever que o "corpo tende a permanecer em movimento". Os conhecimentos do aluno foram além dos cotidianos e o uso dos conceitos Inércia e do termo "tende a permanecer em movimento" aponta para a direção do pensamento teórico. Os alunos A05 e A22 citaram o conceito de Inércia em suas respostas dando indícios que já o haviam estudado. Na oitava questão o aluno lançou mão do conceito força e do termo contrária, mostrando que houve um avanço no sentido de apropriar a terceira lei de Newton.

A aluna A03 na sétima e na oitava questões, respectivamente, escreveu o seguinte:

Quando está descarregado ele pode andar com uma velocidade maior, acelerar mais, pois o caminhão estará vazio. Quando está carregado ele tem que diminuir a velocidade, pois está carregado e o peso atrás faz com que o caminhão fique mais pesado (A03).

Quando eu bato o dedo na parede estou exercendo uma força sobre este, fazendo com que a força que eu exerci volte para mim (A03).

Na sétima questão, na primeira frase, a aluna respondeu utilizando dados obtidos da experiência cotidiana, mas ela avançou em direção ao pensamento teórico quando fez a relação "quando está descarregado ele pode andar com uma velocidade maior", visto que a segunda lei de Newton estabelece que a massa, neste caso a do caminhão mais a da carga, é inversamente proporcional à aceleração, e a aceleração é a grandeza física que atua na variação da velocidade. Na segunda frase da resposta a aluna confunde os conceitos peso e massa, mas usou a mesma relação da primeira parte da resposta. Na oitava questão a aluna se aproxima da relação geral básica do conceito ao dizer que ao bater o dedo na parede ela exerce uma força e esta volta para ela, visto que a terceira lei de Newton, conceito abordado nesta questão, diz que toda força de ação requer uma força de reação de mesmas intensidades, mesmas direções, sentidos contrários e aplicadas em corpos diferentes.

Os alunos A08, A19, A12 e A11 se esforçaram em responder as questões de forma científica, trazendo conceitos da Física em suas respostas. Seguem as respostas da primeira, da segunda, da quinta, da sexta e da nona questões dos alunos:

Você será arremessado para frente. Devido o fato de estar em velocidade constante à do cavalo e seu corpo não está preparado para parar de uma vez, devido à força gravitacional (A11).

Pelo fato do cavalo estar em um movimento retilíneo, rápido, o corpo do cavaleiro está acostumado ao movimento e ao parar do cavalo o cavaleiro cai por estar acostumado com movimento. Cientificamente ocorreu movimento de desaceleração (A12).

Bem, para sabermos se com essa força seria possível, deveríamos saber primeiramente quantos newtons valeria 1 quilograma, mas supomos que 1,5 quilograma equivale a 1 newton, então seria possível o carregamento daquele material (A19).

Para eu saber a informação colocaria dois carrinhos na minha frente um com um certo peso e o outro sem peso. Empurraria os dois e saberia se a velocidade com a força seria a mesma (A12).

Sim, o peso que vai haver em cima da bicicleta será maior e a força que vai ter que colocar para conseguir pedalar e colocar bicicleta em movimento será bem mais difícil, pois o peso irá aumentar (A08).

Considerando que o ar da bexiga escape para baixo, a bexiga irá para o lado contrário (cima). E como está presa a algo, ela subirá controladamente (A11).

A aluna A11 em sua resposta da primeira questão traz os termos "arremessado para frente", "velocidade constante" e "não está preparado para parar de uma vez", e a aluna A12 traz os termos "movimento retilíneo" e "acostumado ao movimento", ambas dando indícios que seus pensamentos estão em direção ao pensamento teórico ao se aproximarem da relação geral básica do conceito da primeira lei de Newton. O aluno A19 mostra em sua resposta que não sabe o que é peso quando diz que "para sabermos se com essa força seria possível, deveríamos saber primeiramente quantos newtons valeria 1 quilograma", mas ele fez um movimento de pensamento em direção ao pensamento teórico do conceito peso, visto que este é dado pela massa do objeto multiplicado pela gravidade local. Esta questão despertou no aluno a necessidade de saber o conceito peso, visto que sem ele não tem como responder a terceira questão.

A aluna A12 mostrou criatividade em sua resposta ao escrever que colocaria dois carrinhos com massas diferentes e verificaria qual a relação entre força aplicada e velocidade auferida. A aluna também avançou em direção ao pensamento teórico pelo fato dela não saber a resposta e buscá-la de forma autônoma, visto que ao atuar com este pensamento o aluno é capaz de aprender sozinho. A aluna A08 confundiu os conceitos de massa e peso ao dizer que ficará mais difícil pedalar quando aumentar o peso na bicicleta, mas ela deu indícios em sua resposta que está na direção do pensamento teórico ao dizer que quanto maior for o peso da bicicleta maior será a força que deverá ser exercida para movimentá-la. A aluna A11 mostrou

uma abstração ao dizer que o ar vai para um sentido e a bexiga vai para o sentido contrário, se aproximando do conceito nuclear, que é forças opostas, e da relação geral básica, dando indícios que está na direção do pensamento teórico.

Os alunos A17, A23 e A26 deixaram questões sem responder na tarefa de diagnóstico e foram breves nas respostas. A aluna A26 respondeu apenas as cinco primeiras questões. Seguem as respostas dos alunos A17 e A23, respectivamente, na sétima questão, e da aluna A26 na segunda questão.

Porque quando ele está descarregado exerce uma aceleração menor e quando está carregado exerce uma aceleração maior, pois está pesado (A17).

Porque o caminhão vai ter que puxar mais peso (A23).

Se as pessoas não estiverem usando o cinto de segurança elas provavelmente serão arremessadas para fora do carro. Já se elas usarem o cinto de segurança o carro capotava, mas o cinto vai segurar a força das pessoas, o que aumenta a chance de sobreviver (A26).

A resposta do aluno A17 evidencia erros do ponto de vista do conceito científico, advindos da experiência cotidiana. Ele justificou sua resposta fazendo uma descrição e utilizou o conceito de aceleração, mas se referindo ao acelerador do caminhão e não ao conceito científico. A resposta da aluna A23 mostra como foram breves em algumas justificativas, lançando mão apenas do conceito peso para justificar a sua resposta. A segunda questão foi a que a aluna A26 mais escreveu, sendo uma descrição baseada em seus conhecimentos do cotidiano, utilizando apenas o conceito força em sua resposta, cometendo o equívoco de escrever que o corpo será arremessado para frente, o que não ocorre pelo fato da força resultante do mesmo ser nula, ou seja, o corpo continua em seu estado de movimento uniforme.

A análise do conhecimento prévio dos alunos tornou possível perceber a presença de dois grupos na turma com níveis de desenvolvimento distintos, ou seja, com zonas de desenvolvimentos proximais diferentes, sendo que em um deles os alunos apresentam conhecimentos cotidianos e no outro os alunos possuem avançaram no conhecimento científico.

## **2. As tarefas de estudo despertando os motivos dos alunos**

A tarefa de estudo tem a função, dentre outras, de despertar o motivo dos alunos para aprenderem o conceito ensinado. Para isso o professor pensa em atividades de estudo que coloquem os alunos em atividade mental e que sintam necessidade de aprender aquele conceito para resolver a questão.

Na aula sobre a terceira lei de Newton o professor propôs a atividade de estudo que consistiu em mostrar um vídeo de um lançamento de um foguete. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - Iniciaremos assistindo um vídeo mostrando o lançamento de um foguete.  
 Alunos: Silêncio!  
 A27: - Que isso!  
 A03: Nossa! Que força, hein?  
 Professor: Guardem esta imagem!

O episódio indicou que os motivos da aluna A03 para o estudo da terceira lei de Newton foram estimulados. Ela conseguiu abstrair que o foguete deveria fazer uma força muito grande para subir e pode ter se perguntado de onde vem esta força. A resposta do aluno A27 também dá indícios que seu motivo foi despertado ao dizer surpreso "que isso!".

Em um outro momento da aula sobre a terceira lei de Newton, o professor propõe uma atividade de estudo que consiste em um balão cheio de ar, preso a um barbante por meio de um anel, se movimentar. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - Agora preciso de dois colegas: A09 e A25, por favor. Segurem o barbante e pode soltar o balão.  
 A27: - Ó!

O balão se movimentou orientado pelo barbante e o aluno A27 disse "ó", dando sinais que não conhecia o experimento e que ficou surpreso com o resultado, podendo ter despertado seu motivo para estudar o conceito da terceira lei de Newton.

Na aula sobre a primeira lei de Newton, o professor propôs a atividade de estudo que consistiu na simulação de uma viagem dentro de um ônibus. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - Quero a ajuda de alguns colegas. Preciso que um aluno seja o motorista, um seja o cobrador e cinco que sejam passageiros.  
 A18: - Eu!  
 A27: - Vamos! Eu sou o motorista!  
 A20: - Eu sou o passageiro!  
 Professor: - Preciso de mais passageiros.

O episódio revelou grande participação e envolvimento dos alunos na atividade de estudo, dando indícios que seus motivos foram despertados para aprender o conceito. Os alunos A07, A17 e A26 participaram pouco das aulas e demonstraram pouco interesse em aprender os conteúdos da disciplina, o que revelou que seus motivos para aprender não foram despertados.

O professor pediu para os alunos ao término do estudo do conceito referente à primeira lei de Newton que fizessem uma autoavaliação do seu desempenho nas aulas, levantando pontos que favoreceram e desfavoreceram o aprendizado. A aluna A11 escreveu:

Meu aprendizado foi bom, as aulas ministradas foram diferentes do que as que costumamos ter, então eu aprendi melhor. Um dos motivos para meu desempenho foi ter trabalhado em grupo, pois cada um expressava sua opinião, umas iguais e outras diferentes.

A resposta da aluna A11 traz indícios que seus motivos para estudar a primeira lei de Newton foram despertados, uma vez que relatou que as aulas ministradas por uma metodologia diferente daquela que estão acostumados a possibilitou ter um aprendizado bom.

O aluno A17 respondeu da seguinte forma: "Eu avalio um bom aprendizado. Um desempenho bom". Este relato é contraditório com o que foi verificado na avaliação escrita, visto que o aluno apresentou um resultado que mostra que houve pouco aprendizado.

As atividades de estudo elaboradas para as aulas do experimento didático formativo favoreceram em alguns momentos o despertar dos motivos dos alunos para estudar as leis de Newton, passo importante para que o aluno interiorize os conteúdos ministrados pelo professor e alcance o pensamento teórico.

### **3. Movimento de apropriação da primeira lei de Newton**

Na aula sobre a primeira lei de Newton ou Princípio da Inércia o professor perguntou sobre o que é Inércia. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - O que é inércia?

A22: - Corpo em repouso tende a continuar em movimento.

A05: - Corpo em repouso tende a continuar em movimento? Se ele está em repouso tende a ficar em repouso e se está em movimento tende a ficar em movimento.

Professor: O que vem a ser força resultante igual nula?

A11: - Está parado.

A18: - Não está em movimento.

A05: - Força é nula.

A27: - Colocar o mesmo tanto de força de um lado e de outro.

Este episódio mostrou a importância do trabalho coletivo e da interação, em que abre possibilidade dos alunos influenciarem uns aos outros, sendo muito importante ser considerado pelo professor. O aluno A22 respondeu equivocadamente e o aluno A05 fez um questionamento não concordando com a resposta do colega, dando uma resposta que se aproximou do conceito da primeira lei de Newton. Quatro alunos (A05, A11, A18 e A27) utilizaram conceitos da Física em suas respostas que são fundamentais no sistema conceitual que devem ter para interiorizarem o conceito. Na segunda pergunta foi verificado que os alunos A11 e A18 associaram força resultante nula quando o objeto está parado, o que está parcialmente correto, visto que o objeto poderia estar em movimento uniforme. O aluno A05 conseguiu manifestar de forma correta e o aluno A27 deu uma aplicação acertada do conceito.

Após esta discussão o professor pediu a colaboração de alguns alunos para representar a situação de um ônibus do transporte de estudantes e escolheu um aluno para atuar como motorista, um aluno para atuar como cobrador e quatro alunos para atuarem como passageiros. Foi feita uma simulação em que o motorista parou o ônibus no ponto e embarcou os passageiros. Ao arrancar os alunos foram para trás. Em seguida o motorista freou bruscamente e todos os alunos foram para frente. A turma participou ativamente da tarefa, mostrando até euforia em alguns momentos, evidenciado pelos comentários que os mesmos foram fazendo ao longo da apresentação e por prestarem atenção a todo momento. Esta pode ser uma evidência de que quando se aproxima o conteúdo do cotidiano do aluno pode despertar o desejo dele de aprender, fazendo com que tenha um maior interesse em participar das aulas e, conseqüentemente, um maior interesse em aprender o conteúdo que será ministrado. Os alunos A18 e A20 se prontificaram rapidamente que seriam passageiros e o aluno A27, o motorista. Houve dificuldades em arrumar mais um passageiro e o cobrador. Alguns alunos indicaram colegas para ir e muitos não quiseram. Por fim a aluna A03 concordou em ser passageira e o aluno A20, o cobrador. Os alunos realizaram a tarefa de estudo de forma lúdica, de bom humor, motivados, trocando brincadeiras uns com os outros, dando indícios que foi prazeroso. Após iniciar a tarefa de estudo os alunos se envolveram e participaram com respeito e organização.

A tarefa proposta se aproximou de uma situação vivida pelos alunos em seus cotidianos, visto que eles vão e voltam todos os dias de ônibus do IF Goiano, e sua finalidade foi proporcionar que os alunos observassem a aplicação do conceito estudado em dois momentos específicos do movimento do ônibus: ao colocá-lo em movimento e ao freá-lo. Ao aproximar o objeto de conhecimento ensinado à experiência sociocultural dos alunos há a intenção de despertar os desejos e os motivos dos alunos para aprender. Davydov (1988a) defende que os desejos levam a necessidades e estas levam aos motivos, chegando-se aos objetivos, sendo que uma pessoa envolve com algo quando há motivos internos que a levam a interessar por aquilo.

Após a primeira tarefa de estudo o professor pediu que os alunos em grupo discutissem e respondessem sobre os motivos dos alunos passageiros irem para trás quando o motorista acelerou. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - O ônibus está parado e arranca de uma vez. O que acontece com as pessoas e por quê?

Grupo 1: - A força resultante será maior para trás e o corpo vai para trás.

Grupo 2: - Quando o ônibus acelerar ele quebra o repouso das pessoas e faz que surja uma força que faz oposição para onde o ônibus está indo.

Grupo 3: - Quando o ônibus está parado as pessoas estão em repouso, devido à lei da

Inércia elas vão sofrer força nesse movimento. Neste caso será para trás.

Grupo 4: - São duas perguntas. O que acontece com as pessoas e por quê? Quando o ônibus vai para frente a tendência das pessoas é cair para trás. Por causa da Inércia ela tinha a tendência de continuar naquele mesmo lugar, continuar em estado de repouso, não se mover.

Grupo 5: - Quando o ônibus está em repouso é só o ônibus, o corpo fica em repouso dentro do ônibus. É a mesma coisa que eu ver uma planta e a planta está me vendo dentro do ônibus. Se a planta estiver me vendo dentro do ônibus eu estou em repouso. É só a parte de cima que se movimenta. No caso aqui é quando a gente vai para trás quando o ônibus acelera porque está em repouso e quando arranca o corpo da gente a força é maior e o cérebro tem um comando. A gente não está esperando isso.

Houve muita discussão entre os grupos no intuito de responder as questões propostas pelo professor. Ao serem interrogados alguns alunos manifestaram a vontade de responder que foi devido à Inércia, fato que evidenciou que alguns já haviam estudado este conteúdo em outro momento.

O grupo 1 utilizou o conceito de força resultante, mas de forma equivocada, visto que a força resultante é nula e o motivo do corpo ir para trás não é pelo fato da aplicação da força resultante. O grupo 2 utilizou os termos quebra do repouso e força de oposição ao movimento. O grupo 3 cita o termo Inércia e buscou explicar utilizando o conceito, mas o utilizou de forma inadequada. O grupo 4 se aproximou do conceito de Inércia e foi o único que não utilizou o conceito força na resposta. O grupo 5 foi o que procurou explicar de forma mais completa e utilizou muitos conceitos relacionados à Física. Ficou evidente que na concepção dos alunos há a presença de uma força que faz com que os corpos vão para trás, fruto da experiência cotidiana. Cabe ao professor propor atividades de estudo que mostrem que esta concepção está equivocada.

Em seguida o professor pediu que os alunos discutissem e respondessem em grupo o motivo dos passageiros irem para frente quando o motorista freou. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - O motorista estava em alta velocidade, viu um obstáculo e pisou no freio. O que aconteceu com as pessoas dentro do ônibus e por quê?

Grupo 1: - A tendência das pessoas é irem no sentido do movimento, ou seja, irá sair do repouso no sentido da maior força aplicada.

Grupo 2: - A gente acompanha a velocidade do ônibus e ao frear nosso corpo vai para frente. Se o ônibus estivesse devagar não iria acontecer isso.

Grupo 3: - Pelo que sei sobre a lei da Inércia, o corpo tende a continuar em movimento. O ônibus está em movimento retilíneo e as pessoas podem estar em movimento ou em repouso, depende do referencial, e quando o ônibus freia de uma vez elas tendem a continuar em movimento e é isto que acontece, elas vão para frente, elas vão sofrer uma força que as desloquem para frente.

Grupo 4: - Estou dentro do ônibus em movimento e meu corpo também está em movimento. No movimento em que o motorista freia, corta o movimento do ônibus e o corpo tende a continuar em movimento.

Grupo 5: - O ônibus está em movimento retilíneo e a gente está lá dentro, ou seja, nosso corpo também está com o movimento retilíneo. Se ele frear de uma vez a tendência do nosso corpo é ter uma força exercida para frente.

O objetivo das perguntas foi mostrar para os alunos que existe Inércia quando o ônibus acelera e freia. O grupo 1 utilizou alguns conceitos importantes da Física, como o de força e movimento, mas não conseguiram explicar acertadamente a questão. O grupo 1 teve pequena interação entre eles e dois alunos, A17 e A23, participaram pouco das aulas, mostrando que o interesse deles pelo aprendizado da Inércia não foi despertado. O grupo 2 interagiu e promoveu discussões acerca do que foi pedido e mostrou desenvolvimento do pensamento em direção ao modelo do conceito de Inércia, mas verificou-se aí que não chegaram a formar o conceito quando afirmaram que “se estivesse devagar a Inércia não ocorreria”. Tal afirmação conhecimentos adquiridos da indica que ainda permanece um pensamento fundamentado em conhecimento cotidiano. O grupo 3 utilizou conceitos importantes da Física como movimento retilíneo, por exemplo, mas se equivocaram ao dizer que isto aconteceu por causa da ação de uma força sobre a pessoa. O grupo 4 chegou a formar o modelo representativo do conceito Inércia. O grupo 5 mostrou um movimento do pensamento para chegar a este modelo mas se equivocou ao atribuir a uma força o motivo do movimento para frente.

Após todos os grupos se manifestarem o professor exibiu dois vídeos, sendo um mostrando os passageiros dentro de um ônibus quando este entra em movimento, partindo do repouso, e quando freia, e perguntou se está de acordo com o que viram na simulação feita por eles em sala de aula. O vídeo teve a intenção de reforçar a atuação da Inércia em uma situação aplicada no cotidiano dos alunos. O segundo vídeo mostrou o que acontece com os passageiros que não utilizavam o cinto de segurança dentro de um ônibus no caso de um acidente. O aluno A05 se manifestou dizendo que já havia assistido o vídeo. Ao longo da exibição do vídeo os alunos ficaram apreensivos ao verem as cenas. O aluno A27 riu quando o motorista saiu pela janela do ônibus. O vídeo teve a intenção de mostrar para os alunos a importância de usar o cinto de segurança quando estiverem dentro de automóveis.

Em seguida, o professor pediu que cada grupo se manifestasse a respeito do conceito de Inércia e disse que todos o enunciariam. Segue a resposta dos grupos:

Na condição de  $F_r = 0$ , o corpo tende a continuar parado; se o corpo estiver em movimento reto o seu movimento continuará em movimento constante (grupo 1).

Na condição de  $F_r = 0$ , o corpo em movimento constante tende a continuar em movimento. Já o corpo em repouso tende a permanecer em repouso (grupo 2).

Na condição de força resultante 0, se o corpo está parado continuará parado, se o corpo está em movimento continuará em movimento, ou seja, quando o cavalo para o corpo continuará em movimento e irá para frente (grupo 3).

Na condição de  $F_r = 0$ , se o corpo estiver parado tem tendência de ficar parado. Se o cavalo estiver em movimento e se o cavalo parar de uma vez o cavaleiro tem tendência de ficar em movimento reto e com velocidade constante sem ser lançado (grupo 4).

Na condição de  $F_r = 0$ , se o corpo estiver parado ele tende a ficar parado, caso ele esteja em movimento ele tende a continuar em movimento (grupo 5).

As respostas fornecem indícios de que os grupos 1, 2 e 4 conseguiram formar a abstração, generalização e conceito teóricos, sendo capazes de utilizar o conceito teórico para explicar a Inércia em diversas situações particulares e contextualizadas. Os grupos 3 e 5, embora não tenham chegado a este mesmo movimento de pensamento, forneceram indícios de um começo de mudança no modo de pensamento em relação ao conceito de Inércia.

Cabe aqui uma consideração em relação ao desenvolvimento do coletivo de alunos: objetivo é que todos formem o conceito teórico e, portanto, o professor deve fazer novo diagnóstico e reformular a tarefa, de modo que os alunos refaçam o percurso de formação do conceito. Caso o experimento didático pudesse ser continuado, o professor recomençaria a atividade de estudo do conceito, podendo introduzir modificações nas interações do grupo entre si, inclusive envolvendo os alunos que já formaram o conceito no papel de ajuda aos colegas. Para isso, o professor precisaria aprofundar o diagnóstico dos motivos dos alunos relacionando-os com sua necessidade de aprendizagem.

#### **4. Movimento de apropriação da segunda lei de Newton**

O professor propôs a tarefa de estudo composta por duas bolinhas, uma de plástico e uma de gude, e canudinhos. Segue a descrição deste episódio:

Professor: O objetivo da nossa aula de hoje é estudar a segunda lei de Newton. Preciso de um voluntário de cada grupo. A05 e A15, por favor.

A05: Sopra a bolinha de plástico.

A15: Sopra a bolinha de plástico.

Professor: Agora vamos trocar a bolinha.

A05: Sopra a bolinha de gude.

A15: Sopra a bolinha de gude.

Professor: A15, qual é a massa da esfera de plástico?

A15: 6,8 gramas.

Professor: A15, qual é a massa da esfera de gude?

A15: 19,5 gramas.

Alunos: Uuuh!

A bolinha de plástico tem massa menor que a bolinha de gude. O experimento consistiu nos alunos soprarem por meio de um canudinho as bolinhas que se encontravam em cima de uma superfície plana e horizontal e observassem o ocorrido. O professor convidou os alunos A05 e A15 para que pudessem executá-lo. A intenção do professor foi que os alunos percebessem que a força do sopro aplicada às bolinhas geravam movimentos com características diferentes, ou seja, movimentos com acelerações diferentes. O aluno deveria associar o sopro a uma força que estava sendo aplicada nas bolinhas e perceber que quando a massa é maior, o módulo da aceleração é menor. Se o sopro é realizado com a mesma

intensidade, as forças têm o mesmo módulo. A atividade visou despertar o caráter investigativo do aluno, uma vez que ele deveria realizar a atividade e buscar as relações por meio da análise dos dados fornecidos pela atividade.

A tarefa foi elaborada de forma que o aluno por meio da investigação se apropriasse do conceito. Para isso o aluno primeiro visualizou o movimento das esferas que foram diferentes, em que as esferas de menor e maior massa tiveram, respectivamente, uma maior e uma menor intensidades de aceleração. Em seguida a aluna A15 mediu a massa das duas esferas e a manifestação dos alunos mostrou que ficaram surpresos ao saberem que a bola de gude possuía massa muito maior que a de plástico.

O professor pediu que os alunos abrissem o livro texto e pesquisassem qual era o valor da aceleração da gravidade. A aluna A08 respondeu que valia  $9,8 \text{ m/s}^2$  e o professor disse que este valor seria arredondado para  $10 \text{ m/s}^2$ . Os alunos já haviam estudado aceleração e coube a eles entenderem que a aceleração da gravidade é um caso particular da aceleração que eles estudaram em aulas anteriores.

Em seguida o professor propôs uma nova tarefa de estudo que consistiu nos alunos aferirem a massa do objeto em uma balança e em seguida verificarem a força que esse objeto exercia verticalmente para baixo quando colocado em um dinamômetro. O professor pediu que os alunos fizessem a seguinte tabela:

**Tabela 1.** Modelo de tabela a ser construída pelos alunos.

$m_{\text{obj}}$	A	$F_r$	$m_{\text{obj}} + a$	$m_{\text{obj}} - a$	$m_{\text{obj}} \times a$	$m_{\text{obj}} : a$

em que:

$m_{\text{obj}}$  - massa do peso;

a - módulo da aceleração da gravidade;

$F_r$  - força resultante.

Segue a descrição deste episódio:

Professor: Façam esta tabela, por favor. Qual é o valor da aceleração?

A05:  $10 \text{ m/s}^2$ .

Professor: Qual é o valor da massa em quilograma?

A05: 0,05 kg.

Professor: Quero que dois representantes de cada grupo venham e meçam o peso desta massa.

A24: 0,49 N.

A22: 0,49 N.

A06: 0,49 N.

A08: 0,50 N.

A12: 0,49 N.

Professor: Agora quero que completem a tabela.

A22: E as medidas?

A18: Só os números!

O objetivo desta tabela foi que os alunos chegassem ao modelo da segunda lei de

Newton, que é  $F_r = m \cdot a$ . Para isso os alunos deveriam preencher a tabela e comparar os resultados obtidos até chegarem ao modelo. Alguns alunos ao preencherem a tabela viram que havia alguns absurdos. Estes comentários evidenciaram que os alunos já estavam chegando no conceito que o professor estava ministrando. Muitos também verificaram inconsistências ao colocarem as unidades de acordo com o que estava pedindo na tabela. Esta é uma outra evidência que os alunos estavam interiorizando o conceito ministrado pelo professor. Após a tabela ficar toda preenchida, muitos alunos demoraram a chegar no modelo, ou seja, perceber que o valor que estava na coluna  $F_r$  era o mesmo valor que estava na coluna  $m \cdot a$ , revelando um ponto muito importante, que é a importância de respeitar o tempo de aprendizagem dos alunos, visto que uns levam mais tempo que outros para aprender, cabendo ao professor dar oportunidades a todos.

Uma prática muito usual entre os professores quando se ministra este conteúdo é colocar a fórmula no quadro e fazer alguns apontamentos sobre ela e partir para os exercícios. Este experimento sugeriu que esta forma de ministrar aula não leva em consideração o tempo de aprendizado dos alunos.

Outro ponto de destaque é que levou 4 aulas de 50 minutos cada para ministrar a segunda lei de Newton. O pesquisador e o colaborador chegaram à conclusão que é um tempo considerável quando se analisa a carga horária total dedicada à disciplina Física. A conclusão da viabilidade da proposta veio do próprio Davydov ao afirmar que o professor faz com que os alunos aprendam os conceitos centrais e básicos na disciplina de forma que se tenha uma autonomia para aprender conteúdos novos. As três leis de Newton são a base de toda a Dinâmica e um bom aprendizado é aquele em que o aluno consegue interiorizar os conceitos da disciplina e conseguir fazer generalizações em situações concretas, como na sua vida cotidiana ou no exercício de sua atividade profissional. Não basta o aluno saber resolver os exercícios mecanicamente. Com a interiorização dos conceitos de Física o aluno passa a ter uma gama maior de ferramentas mentais que o deixa mais preparado a enfrentar os desafios da vida e o habilita a aprender outros novos.

O aluno A22 comenta que as unidades de algumas colunas ficariam absurdas e sem sentido. Logo em seguida o aluno A18 comenta que deveriam analisar apenas os números e não deviam se preocupar naquele momento com as unidades. Segue a descrição deste episódio:

A03: Força resultante é igual à massa?

Professor: Veja na tabela. Quais são os valores da massa e da força resultante.

A03: - A força resultante é igual a 0,5 e a massa é igual a 0,05.

Professor: - Os valores são iguais?

A03: - Não!

Professor: - Viram a relação?  
 A08: - Sim! Força resultante é igual à massa vezes a aceleração.  
 Professor: - Vocês não viram nenhuma relação?  
 A12: - Força resultante é igual à massa vezes a aceleração.  
 Professor: - Qual é a relação?  
 A25: - Força resultante é igual à massa vezes a aceleração.  
 Professor: - Esta é a segunda lei de Newton.  
 A24: - Aaaaah!

O comentário do aluno A22 revelou uma abstração realizada por ele. Segundo Davydov (1988a) a apropriação do conceito científico deve ser realizada pela relação deste aos demais conceitos, em que o aluno estabelece relações entre os conceitos, num processo conhecido por abstração.

O episódio mostrou o movimento do pensamento dos alunos em direção ao pensamento teórico. Os alunos analisaram os dados da tabela obtidos pela medição das massas dos objetos em uma balança, a força resultante obtida por meio do dinamômetro e o valor da aceleração da gravidade por meio da pesquisa no livro. Esta tarefa proporcionou que os alunos construíssem o seu próprio aprendizado e buscassem os dados necessários, não os recebendo prontos. O aluno soube de onde veio cada dado analisado. A tarefa respeitou o tempo de aprendizado de cada aluno, visto que uns chegaram na relação geral básica em menor tempo do que outros. A aluna A03 iniciou achando que força resultante era igual a massa. Este erro é muito frequente entre os alunos ao confundirem peso com massa. Em seguida ela mesma concluiu que não ao dizer que os valores da força resultante e da massa eram diferentes. Esta passagem foi importante para que a aluna verificasse na prática que força resultante e massa são grandezas diferentes. A aluna A08 que participava do mesmo grupo que a aluna A03 encontrou a relação geral básica, que é a força resultante ser o produto da massa pela aceleração. Os alunos, cada um no seu tempo, se apropriaram do conceito da segunda lei de Newton. O aluno A24 ficou surpreso ao saber que a relação geral básica encontrada por eles era a segunda lei de Newton ao dizer "aaaaah!".

## **5. Movimento de apropriação da terceira lei de Newton**

A partir da análise dos dados da tarefa de diagnóstico o professor pediu que os alunos organizassem os grupos de forma que cada um ficasse com alunos que possuíssem variadas zonas de desenvolvimento proximal. Em seguida o professor falou o objetivo da aula, que foi estudar o conceito da Ação e Reação, e perguntou aos alunos o que eles imaginavam do que se tratava o conceito. O professor disse que estava interessado nos conceitos da Física e evidenciou o conceito força.

O professor passou o vídeo de um lançamento de um foguete para a turma e pediu que observassem. Os alunos prestaram bastante atenção e ao término o professor explicou como continuaria o movimento do foguete, salientando que a nave saiu da atmosfera e atingiu o espaço sideral.

Com o auxílio de dois colegas, o professor realizou um experimento que consiste em prender um balão cheio de ar a um barbante por meio de um anel e soltá-lo. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - Agora preciso de dois colegas: A09 e A25, por favor.

A27: - Ó!

A18: - Ele é ruim de fôlego!

As manifestações dos alunos durante a apresentação do vídeo e a realização do experimento evidenciaram que os motivos de parte deles foram despertados por meio das atividades de estudo.

O professor realiza outro experimento que consistiu em encher o balão e soltá-lo. O professor entregou alguns balões para alguns alunos. Segue a descrição deste episódio:

Professor: Enchem os balões, por favor.

Alunos: Os alunos enchem.

Professor: Podem soltar um de cada vez.

Alunos: Observam e riem.

Professor: Existe alguma semelhança entre os experimentos? Caso sim qual? Discutam em grupo e escrevam a conclusão.

Alunos: Discutem.

O professor salientou que poderiam escrever com as palavras deles. Eles discutiram e escreveram a conclusão do grupo. O professor passeou pela sala a fim de tirar algumas dúvidas, verificar o caminhar das discussões e falou que iriam discutir para melhorarem suas respostas. O intuito das três tarefas realizadas foi que os alunos apropriassem da relação geral básica, que é forças opostas.

Após as discussões os grupos responderam. Segue as respostas dos alunos A05 e A17, respectivamente:

Nos três experimentos que assistimos pudemos ver que o ar impulsionou os balões e o combustível em combustão impulsionou o foguete (A05).

As experiências em sala tem a ver com o vídeo, pois o que sai do balão simula o gás saindo do foguete. O gás sai para baixo e impulsiona o foguete para cima. A experiência do balão tem muito a ver com o vídeo mostrado, pois simula igual o foguete. Todos os experimentos tiveram algo que os impulsionavam a realizar o movimento (A17).

O professor evidenciou como estão presentes a ação e a reação em cada experimento e pediu que os alunos atentassem para como se deu o movimento do foguete. O professor auxiliou os alunos na elaboração do conceito da ação e reação. Alguns alunos falaram que já

havia escrito algo semelhante. A aluna A08 disse que as forças possuíam sentidos contrários.

A atividade de estudo seguinte consistiu em um experimento composto por um ímã e dois dinamômetros, e pretendeu que os alunos visualizassem que os módulos das forças de ação e reação na terceira lei de Newton são iguais. Segue a descrição deste episódio:

Professor: - Tenho um experimento composto por um ímã e dois dinamômetros. Vou fixar um dinamômetro no ímã e vou começar a puxar. Nesta situação tem força na mola?

Alunos: Tem.

Professor: Posso chamar de força 1?

Alunos: Pode.

Professor: Tem uma força neste outro objeto.

A18: Não. Ele está só firmando.

A24: É possível anular as forças?

O episódio mostrou o movimento do pensamento dos alunos em relação à apropriação do conceito da terceira lei de Newton. O aluno A18 disse que o outro objeto estava apenas firmando e com o auxílio do professor concluiu que ao firmar o objeto estava aplicando uma força. O aluno A24 fez uma abstração quando perguntou se é possível anular as forças. O par de forças de ação e de reação presente no conceito podem ser anuladas, visto que possuem a mesma intensidade, a mesma direção, sentidos contrários e estão aplicadas em corpos diferentes.

O professor perguntou para a turma o que se pode inferir sobre as intensidades das forças de ação e reação. Segue as respostas dos alunos A03, A14 e A25, respectivamente:

A força é igual, ou seja, será força resultante com mesma intensidade (A03).

A força de reação é maior que a da ação, pois se fossem iguais seria nula (A14).

Em minha opinião a ação tem o mesmo valor da reação (A25).

A resposta da aluna A03 deu indícios de desenvolvimento do seu pensamento, mas a escrita da resposta apresentou confusão de alguns conceitos. Ela se equivocou ao escrever que "a força é igual", visto que as forças são diferentes, uma de ação e a outra de reação, e ao escrever que "será força resultante com mesma intensidade", visto que serão as forças de ação e reação que terão a mesma intensidade, e não necessariamente a força resultante. A resposta da aluna A14 mostrou que os alunos às vezes desconhecem que as intensidades das forças de ação e reação são iguais, sendo importante que o professor tenha esta preocupação ao elaborar as tarefas de estudo. A resposta da aluna A25 mostrou que ela se aproximou da relação geral básica ao escrever que "a ação tem o mesmo valor da reação", ou seja, mesma intensidade.

O professor perguntou para a turma se tinha alguma semelhança entre os vídeos mostrados a eles com relação à terceira lei de Newton. Segue as respostas dos alunos A01, A08, A12 e A18, respectivamente:

A semelhança entre as três situações é que toda ação tem sua reação. Na primeira situação o foguete sai para o espaço sideral e a mesma coisa aconteceu com o balão, só que em vez de combustível saiu ar (A01).

Em todos os três acontecimentos foi preciso que tivesse uma força que o faria ir para determinado lugar o gás, assim fazendo com que o objeto sempre fosse ao contrário do gás colocado nele, ou seja, a força, assim fazendo com que ele se movimentasse (A08).

Podemos notar que nas três experiências as seguintes semelhanças são que nos objetos havia um ar ou um gás e quando liberados há uma reação que é ele se locomover do seu ponto de repouso. Ou seja, a ação foi fazer com que o ar ou o gás fosse liberado e a reação foi ele se locomover através da força (A12).

A semelhança é que o objeto sempre irá ao lado contrário que sai o combustível (A18).

A aluna A01 deu indícios que não conseguiu alcançar a abstração desejada pelo professor que era que as forças de ação, realizada pelo balão sobre o ar, e a reação, realizada pelo ar sobre o balão, possuem sentidos opostos. A resposta da aluna trouxe uma descrição dos fatos e não houve a presença de conceitos da Física, apenas anunciando no início que "toda ação tem sua reação". A aluna A08 aproximou da relação geral básica do conceito envolvido na questão ao escrever que "foi preciso que tivesse uma força", "o objeto sempre fosse ao contrário do gás" e "a força, assim fazendo com que ele se movimentasse". Os alunos A12 e A18 conseguiram realizar a abstração desejada pelo professor, em que a primeira procurou justificar sua resposta com conceitos da Física envolvidos no conceito da terceira lei de Newton e o segundo não utilizou nenhum conceito da Física para justificar sua resposta.

## **6. Generalização das leis de Newton**

A generalização é a etapa em que o aluno atua com determinado conceito em situações particulares e vai adquirindo autonomia para aprender novos conceitos a partir de outros conceitos chave. A generalização substantiva ocorre quando se descobre a lei de formação dos fenômenos particulares e singulares, e "se realiza pelo caminho da análise de determinado todo com a finalidade de descobrir sua relação geneticamente inicial, essencial, universal, como base da unidade interna deste todo" (DAVYDOV, 1988a, p. 152).

Os alunos responderam três questões referentes a cada um dos três conceitos estudados, sendo eles a primeira, a segunda e a terceira leis de Newton. Na tarefa de buscar respostas a essas questões, propôs-se aos alunos ações que visavam proporcionar a eles pensar pelo método do abstrato ao concreto, isto é, compreender o fenômeno concreto das leis de Newton como resultado mental de abstrações produzidas no percurso investigativo dos mesmos. A intencionalidade que orientou a proposição das ações de estudo baseou-se no que defende Davydov (1988a) e buscou levar os alunos a descobrirem as conexões internas do

sistema de relações que envolvem as leis de Newton e se tornarem capazes de, por meio da compreensão dessas leis como um modo geral de analisar certas variações nos movimentos dos corpos expressas em várias situações particulares. Por meio da análise das respostas foi verificado a generalização, a interiorização dos conceitos e o avanço em direção ao pensamento teórico dos alunos.

### 6.1 Primeira lei de Newton

Segundo Davydov (1988a) os conceitos são historicamente formados na sociedade e existem objetivamente nas formas da atividade humana e nos seus resultados elaborados e desenvolvidos historicamente em resposta a necessidades sociais. Na primeira aula do experimento didático formativo o professor dialogou com a turma sobre a importância das leis de Newton e abordou seu desenvolvimento lógico e histórico e apresentando aos alunos questões relacionadas aos conceitos, com o objetivo de fazê-los perceber a necessidade de utilizá-los para explicar certos fenômenos que ocorrem na vida cotidiana.

A primeira questão<sup>8</sup> foi a seguinte: Imagine que você está em cima de um cavalo que está galopando em disparada e para repentinamente. Analise a situação e, utilizando o conceito de inércia, explique o que ocorre com você quando o cavalo para. A segunda questão foi a seguinte: Imagine um acidente (colisão frontal com um poste de iluminação pública) em que um carro esteja a uma velocidade de 60km/h instantes antes da colisão. O que pode ocorrer com as pessoas dentro do carro caso não estejam utilizando o cinto de segurança? Analise a situação e, utilizando o conceito de inércia, explique o que ocorre com elas. E a terceira questão foi a seguinte: Você está caminhando pela rua, seu colega passa de motocicleta pela rua e oferece a você uma carona. Você coloca o capacete e senta-se na garupa da motocicleta. Seu colega arranca a moto rapidamente. Analise a situação e, utilizando o conceito de inércia, explique o que ocorre com você.

Na questão 1 quatro alunos (A07, A16, A17 e A26) mostraram que não conseguiram interiorizar o conceito. Segue as respostas de A07 e A17, respectivamente:

O corpo está em movimento em cima do cavalo quando o cavalo para tende que a força sobre a freada jogue o corpo para fora do cavalo (A07).

A pessoa vai para frente, exerce uma força para frente na medida em que o cavalo para. Mas ele não é jogado do cavalo (A17).

---

<sup>8</sup>Algumas questões utilizadas na avaliação escrita são as mesmas presentes na tarefa de diagnóstico, pois almejou-se compreender o desenvolvimento dos alunos desde a sua situação no diagnóstico em relação a seu desempenho na avaliação.

A resposta da aluna A07 mostra que ela continuou utilizando os conhecimentos do cotidiano e que não interiorizou o conceito, não alcançando o pensamento teórico. A aluna A07 ao responder que "a força sobre a freada joga o corpo para fora do cavalo" mostrou que não interiorizou o conceito. O aluno A17 também não interiorizou o conceito ao escrever que "exerce uma força para frente", mas seu pensamento mostrou desenvolvimento ao escrever que o corpo "não é jogado do cavalo". Os alunos A07, A17 e A26 participaram pouco das aulas e demonstraram pouco interesse em aprender os conteúdos da disciplina. A aluna A16 é muito participativa e interessada, mas apresenta muitas dificuldades na disciplina.

Dezoito alunos (A01, A02, A03, A04, A06, A09, A10, A12, A14, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25 e A27) avançaram no desenvolvimento do pensamento teórico no intuito de interiorizarem o conceito. Segue as respostas de A06, A20 e A23, respectivamente.

Quando o cavalo está se movimentando e para repentinamente, nosso corpo tende a continuar em movimento e somos projetados do cavalo, podendo cair. Assim, pela Inércia todo corpo em movimento tende a continuar em movimento (A06).

Quando o cavalo está correndo e para repentinamente a tendência do nosso corpo é de continuar a ir para frente, pois quando ele está galopando, você já acostumou com a força exercida por ele. Naquele instante que ele para a força do nosso corpo tem tendência a continuar a ir (A20).

Quando o cavalo para, a pessoa continua em movimento em cima do cavalo e será arremessado para frente (A23).

O aluno A06 não caracterizou o movimento como sendo uniforme, A23 escreveu que o corpo será arremessado para frente e A20 explicou a resposta utilizando o conceito força, evidenciando avanços em direção à interiorização do conceito Inércia, mas cometeram alguns equívocos.

Cinco alunos (A05, A08, A11, A13 e A15) forneceram indícios que conseguiram interiorizar o conceito ao se aproximarem da relação geral básica e avançaram em direção ao pensamento teórico. A aluna A11 escreveu:

Quando o cavalo está em disparada, seu corpo está em velocidade constante ao dele. No momento em que ele para, seu corpo tende a continuar no movimento retilíneo, por isso seu corpo dá um impulso para a frente, com perigo de cair (A11).

A resposta da aluna A11, representando a de todos, mostrou que ela interiorizou o conceito e conseguiu fazer a generalização ao escrever que sua velocidade é igual à do cavalo e no momento em que ele para o seu corpo tende a continuar em movimento retilíneo igual à do cavalo.

Onze alunos (A02, A04, A06, A07, A14, A16, A17, A21, A23, A24 e A26) não conseguiram responder a segunda questão utilizando o conceito científico e utilizaram seus conhecimentos cotidianos, demonstrando que não interiorizaram o conceito. Os alunos A02 e A17, respectivamente, escreveram:

Se o carro bater de frente no poste as pessoas que estão dentro do carro no banco da frente vai cair para fora do carro e as pessoas que estão atrás com o impacto do carro vão só bater a cabeça no banco (A02).

Podem ocorrer graves ferimentos, pois sem o cinto de segurança as pessoas ficam soltas dentro do carro e pode até sair para fora do veículo quando ocorrer a colisão com o poste de luz (A17).

Os alunos A02 e A17 apenas descreveram o que podia ocorrer com as pessoas dentro do carro no caso de um acidente, mas não lançaram mão do conceito da primeira lei de Newton em suas justificativas e não alcançaram o pensamento teórico.

Doze alunos (A01, A03, A09, A10, A12, A13, A15, A18, A19, A20, A22 e A27) mostraram um avanço no desenvolvimento do pensamento no sentido de interiorizarem o conceito da primeira lei de Newton. Os alunos A20 e A22, respectivamente, escreveram:

Quando o carro acaba batendo no poste nesta velocidade a tendência do corpo é pender para frente. Se estiver sem o cinto de segurança, as pessoas podem ser arremessadas para fora do carro, pois a força aplicada no corpo é muito grande. Quando o carro para de uma vez, a aceleração foi cortada e isso faz o corpo ter uma força resultante (A20).

Elas continuam o movimento para frente, indo assim de encontro com o banco da frente (no caso de passageiros do banco de trás). No caso do motorista e o passageiro da frente, eles podem ir de encontro ao vidro do carro (A22).

O aluno A20 cometeu um equívoco ao escrever que "as pessoas podem ser arremessadas para fora do carro", visto que quando utiliza o termo "arremessadas" deixa entender que há a atuação de uma força no corpo da pessoa, e utilizou os conceitos arremessadas e força de forma errônea. O aluno A20 faltou caracterizar o tipo de movimento que as pessoas continuariam para frente.

Quatro alunos (A05, A08, A11 e A25) demonstraram que interiorizaram o conceito e conseguiram fazer a generalização, dando indícios que alcançaram o pensamento teórico. Três destes alunos (A05, A08 e A11) também responderam a primeira questão de forma correta. O aluno A05 escreveu:

O carro, juntamente com as pessoas, está em uma velocidade só. Quando a velocidade do carro e o movimento são cortados, as pessoas que estão dentro do carro tem tendência de continuar no movimento, elas vão continuar seguindo no movimento. Se não estiverem de cinto vão para fora do carro, para frente, continuando o movimento (A05).

O aluno A05 mostrou que sua resposta está de acordo com a relação geral básica ao escrever que as pessoas estão na mesma velocidade do carro e elas continuam para frente no mesmo movimento quando o carro bate.

Doze alunos (A02, A03, A04, A07, A09, A11, A13, A16, A17, A23, A24 e A26) não conseguiram responder a terceira questão utilizando o conceito da primeira lei de Newton, demonstrando que não houve interiorização do mesmo. Os alunos A13 e A24,

respectivamente, escreveram:

Quando ele arranca a moto meu corpo irá para trás, em um movimento contrário (A13).

Utilizando o conceito, o corpo estará em repouso e com a arrancada será aplicada uma força no corpo para trás, fazendo com que o corpo continue em movimento oposto da motocicleta e cairá para trás (A24).

A aluna A13 não conseguiu avançar no sentido do pensamento teórico e continuou com o conhecimento cotidiano ao dizer que seu corpo "irá para trás, em um movimento contrário". O aluno A24 utilizou os conceitos repouso, força e movimento, mas deu sinais que não interiorizou o conceito, evidenciado quando escreve que "será aplicada uma força para trás, fazendo com que o corpo continue em movimento oposto da motocicleta".

Onze alunos (A01, A06, A08, A10, A12, A14, A15, A18, A20, A21 e A25) cometeram algum equívoco ao responder a questão, mas houve um avanço no desenvolvimento de seus pensamentos na busca pela interiorização do conceito. A aluna A21 escreveu:

Se eu estou na garupa e meu colega arranca de uma vez, meu corpo vai para trás, porque eu estava parada e a moto arrancou de uma vez. A tendência é eu continuar parada de acordo com a Inércia (A21).

A resposta da aluna A21 se aproximou da relação geral básica ao escrever que "a tendência é eu continuar parada de acordo com a Inércia", mas se equivocou ao escrever que "meu corpo vai para trás", sendo que o correto seria afirmar que o corpo continuaria em movimento uniforme.

Quatro alunos (A05, A19, A22 e A27) responderam corretamente, deram indícios que interiorizaram o conceito, conseguiram fazer a generalização e alcançaram o pensamento teórico. O aluno A05 escreveu:

Quando a moto está parada e você sobe nela, permanecem em repouso. Assim, quando seu colega arranca, seu corpo tende a se manter em repouso, no mesmo lugar. Então quando seu colega arranca você tende a permanecer aonde estava, não acompanhando o movimento da moto, como se seu corpo não quisesse sair daquele local (A05).

O aluno A05, único que acertou as três questões relacionadas à primeira lei de Newton, aproximou sua resposta da relação geral básica ao escrever que o "corpo tende a se manter em repouso, no mesmo lugar" e "como se seu corpo não quisesse sair daquele local". O aluno A27 respondeu corretamente apenas esta questão que envolvia o conceito de Inércia. Uma possível explicação pode ser o fato de o aluno saber andar de moto e ter conseguido avançar, a partir de seu conceito cotidiano, para o conceito científico.

Analisando as respostas dos alunos das três questões relacionadas ao conceito de Inércia, verifica-se que na primeira questão 23 alunos conseguiram avançar em direção ao pensamento teórico, sendo que apenas 4 alunos permaneceram com os conhecimentos

cotidianos. Na segunda e na terceira questões um número maior de alunos, 11 e 12, respectivamente, não conseguiu formar a abstração e generalização teóricas do conceito Inércia. O número de alunos que se pode considerar ter formado o pensamento teórico desse conceito foi de 4. Segundo Davydov (1988a) as ações de abstração e generalização são a base da formação do pensamento teórico dos objetos de aprendizagem. No caso dos alunos participantes dessa pesquisa, nota-se um baixo número de alunos que realizaram a abstração e generalização. Tal ocorrência pode estar relacionada a diversos fatores, entre eles o longo histórico escolar de formação de pensamento assentado na lógica empírica, o que dificulta o aluno chegar a ações de abstração e generalização teóricas a partir de sua primeira vivência deste método de pensamento.

## 6.2 Segunda lei de Newton

Os alunos responderam três questões que necessitavam do conceito referente à segunda lei de Newton. A primeira questão foi a seguinte: Seu tio chama você para dar um passeio de canoa num lago e ela possui um motor de popa. Suponha que o motor de popa exerça na água uma força de intensidade 100N e que as massas da canoa, do seu tio e sua sejam, respectivamente, 60kg, 80kg e 45kg. Desprezando os atritos e considerando a segunda Lei de Newton, o que se poderia afirmar sobre o movimento da canoa? Justifique sua resposta. A segunda questão foi a seguinte: Imagine que você esteja em um aeroporto assistindo os aviões decolarem. Num determinado momento você assiste a decolagem de um avião que possui turbinas, partindo do repouso, com uma aceleração constante de intensidade  $5\text{m/s}^2$  e massa igual a 1.500kg. Valendo-se da segunda Lei de Newton, explique como o avião se movimenta. E a terceira questão foi a seguinte: Imagine você andando de bicicleta, que suas pernas exerçam uma força horizontal na bicicleta de intensidade 50N e que as massas da bicicleta e sua sejam, respectivamente, 50kg e 45kg. Desprezando-se os atritos e valendo-se da segunda Lei de Newton, o que se pode dizer sobre o movimento da bicicleta?

Nesta primeira questão dez alunos (A04, A05, A09, A10, A12, A15, A17, A20, A23 e A26) deram indícios que não interiorizaram o conceito da segunda lei de Newton. Os alunos A05, A10 e A20, respectivamente, escreveram:

A força aplicada supera o peso da canoa (A05).

A força aplicada na água faz com que a canoa tenha um movimento de 185 em aceleração (A10).

A força aplicada que se movimenta a canoa é 1,85 (A20).

O aluno A05 respondeu equivocadamente que "a força aplicada supera o peso da

canoa" e não conseguiu caracterizar o movimento como sendo uniformemente variado. A aluna A10 lançou mão dos conceitos força, movimento e aceleração, mas não conseguiu alcançar a relação geral básica representada no modelo  $F_r = m \cdot a$ . O aluno A20 respondeu equivocadamente que a força aplicada na canoa é de 1,85, visto que no enunciado do exercício constava que é de 100 N, e não explicou como se daria o movimento.

Dezesseis alunos (A01, A02, A03, A06, A07, A08, A11, A14, A16, A18, A19, A21, A22, A24, A25 e A27) calcularam a aceleração imprimida na canoa a partir da aplicação da segunda lei de Newton, mas não caracterizaram o movimento como uniformemente variado, um conceito já estudado por eles em aulas anteriores. Os alunos A07, A08 e A22, respectivamente, escreveram:

Quando a canoa estiver com massa maior, a canoa se movimentará devagar. Já quando a massa for menor deslocará com mais facilidade (A07).

Que a aceleração da canoa será menor, pois irá ter muito peso na mesma (A08).

Pode-se afirmar que a canoa se move com aceleração de aproximadamente  $0,54 \text{ m/s}^2$  porque foi exercida uma força de 100N (A22).

A aluna A07 mostrou em sua resposta que avançou no sentido do pensamento teórico ao relacionar a massa com o movimento. A aluna A08 também fez uma relação, mas se equivocou ao relacionar a aceleração com o peso. O aluno A22 também se aproximou do pensamento teórico ao admitir que a aceleração de  $0,54 \text{ m/s}^2$  foi devida à força aplicada.

Na segunda questão seis alunos (A05, A09, A14, A23, A24 e A26) deram indícios que não interiorizam o conceito da segunda lei de Newton. Os alunos A05 e A14, respectivamente, escreveram:

$5 \text{ m/s}^2 = 1500 \text{ kg}$  (A05).

O avião se movimenta devido a aceleração constante com intensidade e a sua massa (A14).

Os alunos A14, A23, A24 e A26 não responderam a questão. O aluno A05 estabeleceu uma relação equivocada ao escrever que " $5 \text{ m/s}^2 = 1500 \text{ kg}$ ". A aluna A14 estabeleceu uma relação ao escrever que "o avião se movimenta devido a aceleração constante", mostrando um avanço no desenvolvimento do seu pensamento, mas não alcançou o conceito.

Os demais 20 alunos (A01, A02, A03, A04, A06, A07, A08, A10, A11, A12, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A25 e A27) utilizaram o modelo da segunda lei de Newton expressa na relação  $F_r = m \cdot a$ , e encontraram o valor da força resultante que faz com que o avião tenha uma aceleração e possa decolar, dando indícios que interiorizaram o conceito. Os alunos A19 e A27, respectivamente, escreveram:

$F = 7.500 \text{ N}$ . Segundo a segunda lei de Newton o avião movimenta graças à força da turbina aplicada sobre o avião (A19).

Para que o avião se movimente e pegue uma velocidade de  $5 \text{ m/s}^2$  ele exerce uma força de  $7.500 \text{ N}$ . Assim ele pega o embalo para a decolagem (A27).

Um ponto a ser destacado é a utilização da unidade na resposta e 9 alunos a colocaram corretamente, ou seja, N (Newton). Cinco alunos não colocaram e os demais colocaram unidades equivocadas, como por exemplo, F e  $m/s^2$ . Vale ressaltar a dificuldade que os alunos apresentam em saber qual é a unidade correta, sendo de extrema importância, pois sua falta, na maioria dos casos, deixa a resposta sem sentido. Os alunos A19 e A27 utilizaram o modelo para achar o módulo da força resultante que atua no avião, 7.500 N. O aluno A19 explicou que "o avião se movimenta graças à força da turbina aplicada". O aluno A27 ao explicar porque o avião se movimenta escreveu que para alcançar a velocidade de  $5 m/s^2$  deve exercer a força de intensidade igual a 7.500 N, mostrando um movimento em direção ao pensamento teórico, mas ele confundiu os conceitos velocidade e aceleração.

Na terceira questão nove alunos (A05, A09, A10, A12, A14, A17, A20, A23 e A26) deram indícios nas respostas que não interiorizaram o conceito. As alunas A10 e A14, respectivamente, escreveram:

O movimento da bicicleta será de 475 de aceleração com o que fará ela se movimentar para qualquer local ou lugar (A10).

A bicicleta se move devido a força na ação das pernas e também devido as massas levando em conta o princípio da ação e reação de corpos diferentes em mesma direção (A14).

A aluna A10 escreveu equivocadamente que "o movimento da bicicleta será de 475 de aceleração". A aluna A14 utilizou os conceitos força e massa para justificar sua resposta, mas não conseguiu explicá-la utilizando o conceito da segunda lei de Newton e no final ao escrever "levando em conta o princípio da ação e reação" mostrou que confundiu com o conceito da terceira lei de Newton.

Dezessete alunos (A01, A02, A03, A04, A06, A07, A08, A11, A15, A16, A18, A19, A21, A22, A24, A25 e A27) encontraram o valor da aceleração utilizando o modelo da segunda lei de Newton, mas não caracterizam o movimento da bicicleta como uniformemente variado. Os alunos A21 e A22, respectivamente, escreveram:

O movimento da bicicleta desprezando os atritos é  $0,52m/s^2$  (A21).

Pode-se dizer que a bicicleta se movimenta com uma aceleração de, aproximadamente,  $0,52m/s^2$  porque foi exercida uma força de 50N pelas minhas pernas (A22).

A resposta da aluna A21 mostrou que ela tem um domínio menor do conceito estudado quando escreveu que o movimento é de  $0,52m/s^2$ , podendo ter caracterizado como aceleração. A resposta do aluno A22 deu indícios que avançou na direção do pensamento teórico, mas não justificou qual seria o movimento da bicicleta nestas condições.

Esperava-se que os alunos identificassem como núcleo do conceito da segunda lei de Newton a "relação entre força resultante, massa e aceleração". No conjunto das respostas dos

alunos às questões relacionadas ao conceito de Inércia, verifica-se que 10 alunos forneceram indícios que permaneceram com os conhecimentos cotidianos e que 16 alunos, ainda que não tenham formado o conceito teórico, mostraram indícios de início de mudanças em seu método de pensamento.

### 6.3 Terceira lei de Newton

Os alunos responderam três questões que necessitavam do conceito referente à terceira lei de Newton. A primeira questão foi a seguinte: Seu tio chama você para dar um passeio de canoa num lago e ela possui um motor de popa. Valendo-se da terceira Lei de Newton, por que a canoa se movimenta? A segunda questão foi a seguinte: Você está andando distraidamente e acerta o dedo do pé na quina da parede, sentindo muita dor. Como explicar cientificamente este fato a partir dos seus conhecimentos da terceira Lei de Newton? A terceira questão foi a seguinte: Imagine que você esteja em um aeroporto assistindo os aviões decolarem. Num determinado momento você assiste a decolagem de um avião que possui turbinas. Valendo-se da terceira Lei de Newton, explique como o avião se movimenta.

Na primeira questão doze alunos (A01, A03, A06, A07, A10, A14, A15, A17, A20, A21, A23 e A26), o que representa cerca da metade da turma, não conseguiram responder utilizando a terceira lei de Newton, o que evidenciou a dificuldade que muitos alunos apresentam no aprendizado dos conceitos da Física. As alunas A01, A14 e A21, respectivamente, escreveram:

A canoa se movimenta porque a terceira lei de Newton é a lei da Ação e Reação. A ação é ligar o motor e ele funcionar, a reação assim por causa disso a canoa se movimenta (A01).

A canoa se movimenta devido a lei da Ação e Reação que para toda ação há uma reação de corpos diferentes, mesma direção e sentidos opostos (A14).

Porque o motor da canoa faz um movimento de rotação da água, esse movimento faz com que ela se movimente pela força aplicada pelo motor, é a lei da ação e reação (A21).

A aluna A01 escreveu que "a ação é ligar o motor e ele funcionar" e mostrou que não conseguiu avançar em direção à interiorização da relação geral básica. A aluna A14 tentou enunciar o modelo da terceira lei de Newton, mas não utilizou o conceito para responder o que foi perguntado na questão. A aluna A21 também não conseguiu fazer a generalização ao não identificar as forças de ação e reação presentes na questão, não alcançando o pensamento teórico.

Nove alunos (A04, A08, A09, A11, A12, A18, A22, A25 e A27) deram indícios em suas respostas que avançaram na interiorização do conceito da terceira lei de Newton. Os

alunos A04, A12 e A22, respectivamente, escreveram:

Para a terceira lei de Newton, lei da Ação e Reação, a canoa exerce uma força que é a sua ação e o seu movimento é a sua reação, então a força aplicada faz com que ela se mova (A04).

Porque em toda ação há uma reação. A ação é do motor empurrar a água que tem como reação ir para frente com a mesma intensidade que é empurrada (A12).

Porque houve uma ação realizada pelo motor, jogar a água para trás, isso causa uma reação, que é o movimento da canoa para a frente" (A22).

O aluno A04 confundiu os conceitos força e movimento ao escrever que "a canoa exerce uma força que é a sua ação e o seu movimento é a sua reação". Neste caso a reação não é o movimento da canoa para frente, e sim a força que faz com que ela se movimente para frente, ou seja, a força que da água nela exercida. A aluna A12 deu indícios que se aproximou da relação geral básica ao escrever "a ação é o motor empurrar a água que tem como reação ir para frente com a mesma intensidade que é empurrada". O aluno A22 não mencionou o conceito força em sua resposta, podendo ter confundido os conceitos força e movimento ao escrever "jogar água para trás" e "movimento da canoa para frente".

Cinco alunos (A02, A05, A16, A19 e A24) responderam a questão dando indícios que interiorizaram o conceito e conseguiram fazer a generalização. Os alunos A16, A19 e A24, respectivamente, escreveram:

É através da força de reação, que faz jogar a água para trás fazendo a canoa ir para frente (A16).

A canoa se movimenta, pois o seu motor de popa exerce uma força para trás sobre a água então a água reage com o movimento de empurrar a canoa (A19).

Porque toda ação tem reação pois com a ação do motor sobre a água tem a reação de empurrar a canoa para frente (A24).

A resposta do aluno A19 evidenciou que existem duas forças, sendo elas a que a canoa faz na água e a que a água exerce na canoa, mostrando que interiorizou o conceito ao fazer a generalização. A aluna A16 apresentou muitas dificuldades durante as aulas, mas também conseguiu interiorizar o conceito ao dizer que o que faz a canoa se mover é a força de reação. O aluno A24 muitas vezes foi disperso nas aulas, conversando bastante com os colegas, mas conseguiu interiorizar o conceito ao escrever que há "a ação do motor sobre a água" e a reação é "empurrar a canoa para frente".

Na segunda questão um grupo de nove alunos (A07, A08, A09, A11, A17, A23, A26 e A27) não conseguiu explicar a questão utilizando a terceira lei de Newton e muitos confundiram vários conceitos, dando indícios que não houve interiorização, e sete alunos (A01, A10, A12, A14, A15, A21 e A24) responderam a questão confundindo a reação com o fato de sentir dor e não a força que a parede exerce no pé. As alunas A07, A11 e A21 respectivamente, escreveram:

Se estiver andando rapidamente a força será maior quando acerta o dedo do pé na quina e a dor será maior. Já se estiver andando com a velocidade menor, a dor será menor (A07).

Com a velocidade que seu corpo está exercendo, quando comparada ao tamanho do dedo, a velocidade é grande. Ao chocar com a parede que está parada, o dedo tende a parar também. O que causa a dor é o choque entre o dedo com a parede (A11).

Quando você acerta o dedo do pé na parede é uma ação e a dor que você sente depois é uma reação (A21).

As respostas das alunas A07, A11 e A21 mostraram que elas utilizaram o conhecimento adquirido nas suas vivências do dia a dia, situação que ocorre com muitos alunos que não conseguem se desprender dos conceitos cotidianos interiorizados.

A segunda questão foi discutida em sala de aula e onze alunos (A02, A03, A04, A05, A06, A16, A18, A19, A20, A22 e A25) mostraram em suas respostas que interiorizaram o conceito da terceira lei de Newton. Os alunos A02, A19 e A25, respectivamente, escreveram:

A força que eu aplicar na parede voltará para o meu pé (A02).

Explicando este fato com a terceira lei de Newton é que quando eu chuto o dedo do pé na quina da parede a parede terá uma reação então isso que fará sentir a dor (A19).

Como toda ação tem uma reação, como minha ação foi bater o pé na quina na direção direita e a quina exerce uma força do tipo como por exemplo para direção esquerda (A25).

A resposta da aluna A02 foi breve, mas sintetizou a relação geral básica ao escrever que "a força que eu aplico voltará para meu pé", mostrando que as forças possuem mesma intensidade, mesma direção e sentidos contrários. A resposta do aluno A19 deu indícios que interiorizou o conceito ao dizer que a ação e a reação são forças, e que a dor é uma consequência da força de reação que a parede exerceu em seu pé. A aluna A25 se aproximou da relação geral básica ao escrever que a "ação foi bater o pé na quina na direção direita e a quina exerce uma força do tipo como, por exemplo, para direção esquerda", faltando escrever que ambas possuem a mesma intensidade.

Quinze alunos (A01, A03, A04, A06, A09, A10, A12, A14, A15, A16, A17, A23, A24, A26 e A27) não conseguiram responder a terceira questão, ou seja, a maioria da turma deu indícios que não interiorizou o conceito. Uma possível causa é a distância entre a situação apresentada na questão e o cotidiano dos alunos, visto que muitos deles talvez não tenham viajado de avião ou nunca viram uma turbina funcionando. Neste caso, se o professor tivesse feito alguma atividade em que os alunos visualizassem como funciona uma turbina de avião, talvez teria um resultado mais satisfatório. Os alunos A01, A14 e A27, respectivamente, escreveram:

O avião se movimenta porque sua força é de 7.500 N, ou seja, a força aplicada é muito grande e assim o avião se movimenta (A01).

O avião se movimenta devido à aceleração constante com intensidade e a sua massa assim há uma ação e reação de corpos diferentes com mesma direção (A14).

Para que o avião se movimente e pegue uma velocidade de  $5 \text{ m/s}^2$  ele exerce uma força de  $7.500 \text{ N}$ , assim ele pega o embalo para a decolagem (A27).

A aluna A01 não justificou sua resposta utilizando o conceito da terceira lei de Newton. A aluna A14 citou os conceitos ação, reação e direção, mas também de forma desarticulada. O aluno A27 lançou mão de dados para justificar sua resposta, mas de forma equivocada do ponto de vista do conceito da terceira lei de Newton.

Oito alunos (A02, A07, A08, A18, A20, A21, A22 e A25) deram indícios que desenvolveram seus pensamentos na direção da interiorização do conceito da terceira lei de Newton. Os alunos A02, A20 e A22, respectivamente, escreveram:

Porque a turbina faz uma força ao contrário do que a decolagem do avião (A02).

O avião se movimenta pela força das turbinas para trás que impulsiona o avião, fazendo-o levantar (A20).

O avião se movimenta porque as turbinas realizam uma ação de intensidade igual a  $7.500 \text{ N}$ , o que gera uma reação, o movimento do avião com aceleração igual a  $5 \text{ m/s}^2$  (A22).

Apesar de não interiorizarem o conceito, os alunos A02 e A20 mostraram avanços no desenvolvimento dos seus pensamentos ao escreverem, respectivamente, que "a turbina faz uma força ao contrário do que a decolagem do avião" e "força das turbinas para trás que impulsiona o avião". O aluno A22 citou os conceitos ação e reação quando escreveu "as turbinas realizam uma ação de intensidade igual a  $7.500 \text{ N}$ " e "gera uma reação", mas informou apenas o módulo da força de ação, não esclarecendo que a força de reação possui a mesma intensidade da força de ação e que possui mesma direção e sentido contrário.

Esta questão não estava presente na lista que os alunos fizeram, mas foi comentado em sala de aula como funcionam as turbinas dos aviões. Três alunos (A05, A11 e A19) deram indícios que conseguiram interiorizar o conceito da terceira lei de Newton. Os alunos A05, A11 e A19, respectivamente, escreveram:

O avião empurra o ar para trás impulsionando o avião para frente (A05).

A força que as turbinas exercem para trás é de  $7.500 \text{ N}$ . Com esse impulso o avião tem uma reação equivalente para essa ocasião, ou seja, a consequência é o vôo (A11).

O avião se movimenta segundo a terceira lei de Newton porque sua turbina exerce uma força contra o vento e o vento reage com o movimento do avião, ou seja, o vento reage com uma força (A19).

A resposta do aluno A05 foi curta, mas ele mostrou que interiorizou o conceito ao dizer que "o avião empurra o ar para trás" e "impulsionando o avião para frente". Faltou ele especificar quais seriam as forças de ação e reação. A resposta da aluna A11 mostrou que ela também interiorizou o conceito e conseguiu fazer a generalização ao dizer que "a força que as turbinas exercem" e "com esse impulso o avião tem uma reação equivalente". A aluna utilizou equivocadamente o termo impulso, mas foi entendido que ela utilizou impulso se referindo à

força. A resposta do aluno A19 deu indício que interiorizou o conceito ao escrever que "sua turbina exerce uma força contra o vento" e "o vento reage com uma força".

Analisando o desempenho dos alunos nas ações para formação do conceito da terceira lei de Newton, verifica-se que 15 alunos não forneceram indicativos de terem formado o pensamento teórico dessa lei, que 9 alunos, ainda que não tenham formado o conceito teórico, mostraram indícios de início de mudanças em seu método de pensamento, e que 3 alunos deram indícios que alcançaram o pensamento teórico.

Estes resultados mostram que deixar de utilizar os modos cotidiano e empírico de pensar as leis de Newton e adquirir um método teórico de pensar esses fenômenos da Física é algo processual e demanda um longo investimento didático na atividade de estudo dos alunos. Embora o professor colaborador tenha procurado corresponder à expectativa de coordenar a atividade de estudo dos alunos permanecendo nos princípios davydovianos, ele também necessitaria maior tempo para chegar a uma apropriação sólida desses princípios e à sua concretização na atividade de ensino. Essa constatação permite inferir que, caso tivesse continuidade, o ensino desenvolvimental proposto por Davydov poderia resultar em mudanças subjetivas mais profundas, tanto nos alunos como no professor colaborador. Poderia também levar à compreensão mais aprofundada dos fatores de natureza sociocultural e de natureza institucional que estão na raiz das dificuldades dos alunos na aprendizagem desses conceitos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo geral apontar as contribuições da teoria de Davydov para o ensino e aprendizagem das leis de Newton por alunos do Ensino Médio. Buscou-se também, como objetivos específicos, realizar a análise lógico-histórica dos conceitos das três leis de Newton e elucidar o aspecto nuclear de cada um deles como base para seu ensino; e analisar a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov discutindo sua contribuição para o ensino e aprendizagem dos conceitos das três leis de Newton.

Quanto à análise lógico-histórica dos conceitos das leis de Newton, o esforço analítico empreendido possibilitou chegar aos aspectos considerados nucleares para cada um dos conceitos, o que não significa uma elaboração definitiva e pode ser objeto de outras análises, por outros pesquisadores, ou mesmo de ampliação, a partir do que foi possível alcançar no contexto da presente pesquisa. A partir desses núcleos conceituais, o professor pode elaborar criativamente diferentes ações para estruturar a atividade de estudo dos alunos e torná-los ativos na investigação dos três conceitos.

Os núcleos conceituais das primeira, segunda e terceira leis de Newton foram, respectivamente: resistência à variação do estado de movimento; relação entre força resultante, massa e aceleração; e forças opostas.

Da análise da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov podem ser apontadas algumas contribuições para o ensino e aprendizagem das três leis de Newton:

- 1) Para os alunos formarem os conceitos das leis de Newton, assim como quaisquer conceitos, um dos aspectos básicos é que o professor conheça os alunos, identifique sua atividade principal, com o que estão envolvidos em sua vida social, familiar e pessoal, que motivo eles têm para estudar (ou não estudar) um conceito científico, que nível de desenvolvimento apresentam em relação aos conceitos que estão sendo ensinados, que fatores do seu contexto podem estar influenciando em sua atitude em relação ao estudo e a si mesmos etc. Para tanto, a posição do professor é de abertura ao diálogo e organização da interação dos alunos, criando situações em que estejam presentes elementos da vida social e do contexto sociocultural.
- 2) A participação ativa dos alunos é assegurada pela expressão oral e escrita nas aulas, o que os torna pertencentes a um coletivo e possibilita ao professor compreender de que modo está se relacionando com os conceitos.
- 3) A tarefa diagnóstica é elemento indispensável ao professor para identificação do nível de desenvolvimento do aluno em relação ao conceito a ser aprendido. O resultado da tarefa diagnóstica precisa ser explorado como uma base para o professor formular as ações de

estudo que comporão a tarefa dos alunos.

4) O desejo de aprender, embora seja apontado por Davydov como elemento fundamental na atividade de estudo do aluno, revela-se como algo complexo e não facilmente atingível nas condições concretas de ensino e aprendizagem. Nessa pesquisa, embora se tenha logrado mobilizar o desejo dos alunos pela participação e colaboração nas ações de estudo, constatou-se que o desejo de aprender não se manifestou em todos os alunos. Todavia, observou-se que durante as aulas do experimento didático formativo os alunos se mostraram mais motivados para aprender do que se mostravam nas aulas anteriores, quando conversavam muito e de maneira dispersa, sobre temas não relacionados ao objeto de aprendizagem. Notou-se também que a realização das ações de forma coletiva promoveu a cooperação e solidariedade entre os alunos.

5) Ao planejar o ensino o professor precisa levar em consideração a necessidade de maior tempo para as ações de estudo dos alunos, pois com o trabalho coletivo, as interações e cooperações, o caráter investigativo da tarefa, há necessidade de mais tempo para o ensino e a aprendizagem de um conceito teórico. Todavia, como já demonstrou Davydov, ao aprender dessa forma o conceito, o aluno adquire independência cognitiva e passa a utilizá-lo com sucesso em aprendizagem ulteriores, o que abrevia aprendizagens futuras que envolvem o mesmo conceito. O tempo maior dedicado ao ensino do conceito teórico reverte-se não só em aprendizagem duradoura, mas em real desenvolvimento do aluno. Desse modo, enquanto que na forma convencional de ensino o professor costuma dedicar em torno de 30 minutos para explicar, por exemplo, a segunda lei de Newton e em seguida pedir que os alunos resolvam exercícios, no experimento didático foi necessário mais de 30 minutos para os alunos identificarem a relação geral básica do conceito. Portanto, a contribuição da teoria do ensino desenvolvimental para o ensino de Física é que o professor inicialmente utilizará um tempo maior de ensino, mas com o ganho de autonomia pelo aluno ao aprender conceitos chave dentro de um tema que ele terá desempenho mais rápido em futuras aprendizagens, requerendo menor tempo de atividade de estudo.

É necessário também destacar como limitações da pesquisa as dificuldades apresentadas pelo próprio pesquisador, que teve grande dificuldade em se apropriar da teoria e torná-la “ferramenta de ensino e de pesquisa”. Essas dificuldades estão ligadas à formação escolar que, até o início do curso de doutorado, foi ancorada no paradigma tradicional e no pensamento empírico. Em um processo demorado de apropriação e amadurecimento, muitos conceitos e valores do pesquisador sobre ensino e aprendizagem tiveram que ser abandonados. Conceitos básicos como ensino, aprendizagem, desenvolvimento do aluno,

todos associados ao complexo conceito de atividade humana, só ganharam existência durante o curso de doutorado e a realização da pesquisa e escrita da tese.

Houve dificuldade também na elaboração do ensino desenvolvimental, particularmente das ações a serem realizadas pelo professor colaborador e pelos alunos, pois o pesquisador encontrava-se habituado com um tipo de análise do conteúdo fundamentada no pensamento empírico, o que representava um obstáculo para pensar as três leis de Newton como conceitos teóricos e para formular tarefas coerentes com os princípios da teoria de Davydov.

Outra dificuldade foi relacionada ao professor colaborador, que apresentou dificuldades em compreender partes do plano de ensino das leis de Newton, como no processo de elaboração das questões que compuseram a avaliação escrita, por exemplo, e por vezes não o seguiu de forma a respeitar a teoria do ensino desenvolvimental.

A teoria do ensino desenvolvimental de Davydov é promissora e tem muito a contribuir com o ensino de Física, mas por sua complexidade e pela falta de estudos e pesquisas aplicadas na área a torna um grande desafio implementá-la em sala de aula. A Física por ser ciência carece que os alunos a pensem como tal e que desenvolvam seus modos de pensar como cientistas, melhorando a qualidade do aprendizado e formando cidadãos mais capazes de enfrentar os desafios que surgirão em suas vidas. Para que o aluno busque a origem dos conteúdos, desenvolvam em sua mente o caminho percorrido pelos estudiosos daquela temática, sejam sujeitos autônomos em seus aprendizados, formem conceitos e, conseqüentemente, o pensamento teórico, é necessário que muitos pesquisadores se debrucem nesta teoria e proponham pesquisas que caminhem na direção do seu avanço, dentre as quais:

- que realizem o estudo lógico e histórico dos principais conceitos da Física, visto que a historicidade é fundamental para que o professor possa planejar suas atividades e que o aluno aprenda os conceitos;
- que elaborem questões que sigam o método histórico e dialético para que possam ser aplicadas aos alunos;
- que verifiquem o resultado do aprendizado dos alunos em vários contextos sociais e culturais que possibilitam averiguar os avanços que podem ser alcançados com a aplicação desta metodologia.

Nessa pesquisa foram apresentadas reflexões e dados empíricos que podem servir de referência para mudanças no ensino, bem como para novas pesquisas sobre o problema do baixo desempenho dos alunos na aprendizagem de Física e novas discussões acerca das contribuições desta teoria.

Mostrou-se inicialmente nessa tese que o ensino de Física em geral e, particularmente, no Ensino Médio, necessita de mudanças para que haja melhor aprendizagem dos alunos. As mudanças no ensino de Física não ocorrerão sem a posição teórico-política em defesa de melhor aprendizagem dos alunos. Com base na perspectiva histórico-cultural e na teoria do ensino desenvolvimental de Davydov defende-se que essa posição teórico-política inclui pelo menos dois aspectos indispensáveis: a importância dos conceitos científicos para o desenvolvimento integral dos alunos; e o método de ensino articulado ao método investigativo da Física e refletido na atividade de estudo (tarefa com ações mentais) como base da aprendizagem dos alunos.

A partir das contribuições do referencial histórico-cultural e da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, os resultados dessa pesquisa indicam como urgentes pelo menos dois níveis de mudança:

- 1) No ensino: abandonar o foco no método empírico e promover o ensino focado na atividade de estudo dos alunos, na formação do método teórico de pensar os fenômenos da Física, considerando as vivências socioculturais dos alunos, relacionando-as aos conceitos científicos da Física e, desse modo, promovendo a sua compreensão científica e social dos fenômenos com que se deparam diariamente;
- 2) Na formação de professores: reorientar a formação de professores nos cursos de Licenciatura em Física, de modo a prover os professores desse referencial teórico-metodológico e, assim, tornar mais objetivas as possibilidades de mudanças no ensino dessa disciplina no Ensino Médio.

A tese aqui defendida é que do aporte teórico do ensino desenvolvimental de Davydov se extraem diversas contribuições para melhorar a aprendizagem dos alunos em Física. No entanto, essas contribuições não se resumem a uma simples metodologia, no sentido convencional, a ser adota pelo professor de Física. Ao contrário, trata-se de um rico e aprofundado conjunto de princípios e conceitos cuja base filosófica e científica é o materialismo dialético e cujo compromisso social é a promoção do desenvolvimento integral de todos os alunos. Este compromisso tem como implicação concreta considerar as condições materiais e não materiais relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem, incluindo-se: a formação e as condições de trabalho do professor; a compreensão do papel e do significado dos conceitos de Física na vida social e na vida profissional dos alunos; a compreensão da lógica de organização da gestão escolar e suas influências na qualidade do ensino e aprendizagem; e as vivências e experiências dos alunos com os objetos de conhecimento.

Espera-se que as análises aqui oferecidas contribuam para formar e desenvolver esse

compromisso com a mudança do ensino de Física em nosso país e para motivar outros pesquisadores e professores preocupados com a aprendizagem dessa disciplina a buscarem na teoria de Davydov mais contribuições como uma alternativa de mudança.

## REFERÊNCIAS

- ARNAL, J.; IGEA, D. R. D.; LATORRE, A. **Investigación educativa: fundamentos y metodología**. Labor: Barcelona, 1992. 278p.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Ensino de Física: Para Repensar Algumas Concepções. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n.1, p. 20-26, 1992.
- AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do contexto de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 273-296, 2011.
- ANDRADE, C. R.; MAIA JR., M. S. Ensino da Física e o Cotidiano: a percepção do aluno de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 4, n. 4, p. 1-8, 2008.
- ARRUDA, J. R. C. Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 1, p.86-104, 2003.
- ARRUDA, J. R. C.; ANTUÑA, J. M. Un Sistema Didáctico para la Enseñanza: Aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n.3, p. 329-350, 2001.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324-341, 2002.
- BARROS, M. V. **Uma proposta didática para o ensino de Mecânica Quântica nas licenciaturas: a notação de DIRAC**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Portugal, 1994. 167p.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p.194-223, 2007.
- BORGES, O. Formação inicial de professores de Física: formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2006.
- BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J. J. Inserção de conceitos e experimentos físicos no ensino fundamental: uma análise à luz da teoria de Vigotski. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n.3, p. 289-312, 2012.
- BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: SEB/MEC, 2006. 135p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2015. 109p.

BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física**. Tradução por Maria A18a X. de A. Borges. Zahar: Rio de Janeiro, 1998. 288p.

CARDOSO, S. O. de O. **Ensinando o efeito fotoelétrico por meio de simulações computacionais: elaboração de roteiro de aula de acordo com teoria da aprendizagem significativa**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

CHAIKLIN, S. Developmental teaching in upper-secondary School. In: HEDEGAARD, Mariane e LOMPSCHER, Joachim (ed.). **Learning activity an development**. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 1999.

DAVYDOV, V. V.; MÁRKOVA, A. K. La Concepción de la Actividad de Estudio en los Escolares. In: SHUARE, Martha. **La Psicología Evolutiva en la URSS: Antología**. Moscú: Editorial Progreso, 1987. p. 316-337.

DAVYDOV, V. V. Análisis de los principios didácticos de la escuela tradicional y posibles principios de enseñanza en el futuro próximo. In: SHUARE, M. **La Psicología evolutiva y pedagogia en la URSS**. Moscú: Progreso, 1987. p. 143-155.

DAVÍDOV, V. V. **Problems of developmental Teaching – The experience of theoretical and experimental psychological research**. Tradução por José Carlos Libâneo e Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas. Soviet Education, v. XXX, n. 8, 1988a.

DAVÍDOV, V. V. **La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico: investigación psicológica teórica y experimental**. Moscu: Editorial Progreso, 1988b. 277p.

DAVYDOV, V. V. **II problema della generalizzazione e del concetto nella teoria di Vygotsky**. *Studi di Psicologia dell'Educazione*, v. 1, 2, 3. Roma: Armando, 1997.

DAVYDOV, V. V. A new approach to the interpretation of activity structure and content. In: HEDEGAARD, M.; JENSEN, U. J. **Activity theory and social practice: cultural-historical approaches**. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 1999a. 381p.

DAVYDOV, V. V. What is Real Learning Activity? In: HEDEGAARD, M.; LOMPSCHER, J. (Eds.) **Learning Activity and Development**. Aarhus: University Press, 1999b. 352p.

DIAS, P. M. C. A. A (im) pertinência da história ao aprendizado da física (um estudo de caso). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 226-235, 2001.

DORNELES, P. F. T.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, 1999.

FIOLHAIS C.; TRINDADE J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**,

São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

FRANCISCO, L. S. **Ondas mecânicas transversais: uma aplicação com simulações computacionais no Ensino Médio**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2012.

FREITAS, M. T. A. As contribuições de Vygotsky e Bakhtin nas pesquisas em educação. In: FICHTNER, B.; FOERSTE, E.; LIMA, M.; SCHUTZ-FOERSTE, G.M.. (Org.). **Cultura, Dialética e Hegemonia Pesquisas em Educação**. A26: EDUFES, 2012, v. 1, p. 229-250.

FREITAS, R. O. **A formação do professor de Ciências e o ensino de Física no Ensino Fundamental**. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2011a.

FREITAS, R. A. M. da M. Aprendizagem e formação de conceitos na teoria de Vasili Davydov. In: LIBÂNEO, J. C.; SUANNO, M. V. R.; LIMONTA, S. V. (Orgs.). **Concepções e práticas de ensino num mundo em mudança**. Diferentes olhares para a Didática. Goiânia: CEPED/PUC GO, 2011b. p. 71-84.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa em Didática: O experimento didático formativo**. In: X Encontro de pesquisa em educação da Anped Centro-Oeste, Uberlândia, 2010.

\_\_\_\_\_. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012.

GASPAR, A. Cinquenta Anos de Ensino de Física: Muitos Equívocos, Alguns Acertos e a Necessidade do Resgate do Papel do Professor. Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 15, 1997. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1997.

GEHLEN, S. T.; HALMENSCHLAGER, K.; MACHADO, A.; AUTH, M. A. O Pensamento de Freire e Vygotsky no Ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 76-98, 2012.

GOMES, L. C.; BELLINI, L. M. Uma revisão sobre aspectos fundamentais da teoria de Piaget: possíveis implicações para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 2301.1-2301.10, 2009.

GONÇALVES JR, W. P.; BARROSO, M. F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2014.

GOUVEIA, A. B.; CRUZ, R. E.; OLIVEIRA, J. F.; CAMARGO, R. B. Condições de trabalho docente, ensino de qualidade e custo-aluno-ano. **Revista brasileira de política e administração da educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 253-276, 2006.

GRANADA, M. de A. **Propriedades ópticas de matérias no ensino médio por meio da nanociência**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática), Centro Universitário Franciscano, Santa Maria. 2011.

HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S. A abordagem do “duplo movimento” no ensino. In: HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S. **Radical-local teaching and learning: a cultural-historical approach**. Dinamarca: Aarhus University Press, 2005.

HEDEGAARDA, M.; CHAIKIN, S. **Radical-Local Teaching and Learning. A cultural-historical approach**. Tradução por José Carlos Libâneo e Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas. Programa de Pós-graduação em Educação - Pontifícia Universidade Católica: Goiás, 2009.

HOHENFELD, D.; PENIDO, M. C. M. Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009. **Anais**. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO, 2014. **Projeto Pedagógico do curso técnico em Manutenção e Suporte em Informática integrado ao Ensino Médio do IF Goiano câmpus avançado de Hidrolândia**.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Nacional Pisa 2012: resultados brasileiros**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-resultados>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

KUENZER, A. Z. Desafios teórico metodológicos da relação trabalho-educação e o papel social da escola. In: FRIGOTTO, G. (Org.). **Educação e crise do trabalho: perspectivas de final de século**. Petrópolis: Vozes, 1998. p.55-75.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia de pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Editora UFMG/Artmed. 1999. 344p.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. São Paulo: Loyola, 1992.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 27, p. 5-24, 2004.

LÜDKE, H.; ALVES, L. M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2013. 128p.

LUDOVICO, L. P. **Física e epistemologia genética: noção de conservação de energia em alunos do Ensino Médio**. 2011. 41 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

MAIA, M. C. **Uma abordagem do modelo padrão da física de partículas acessível a alunos do Ensino Médio**. 2011.70f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2011.

MARENGÃO, L. A. **O ensino de física no ensino médio: descrevendo um experimento didático na perspectiva histórico-cultural**. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia. 2011.

MARX, K. (1983). **Contribuição à crítica da economia política**. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008. 288p.

MAZUR, I. S. A. E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes de Ensino Médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 7, n.2, p. 01-15, 2008.

MENEZES, R. P. **O uso dos desenhos animados e das revistas em quadrinhos no ensino de Física: uma proposta para o ensino da inércia**. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Ensino de Física), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

MONTEIRO, I. C. C.; MONTEIRO, M. A. A.; GASPAR, A. Atividades Experimentais de demonstração e o discurso do professor no ensino de física. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2003. **Anais...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003.

MONTEIRO, M. A. A.; GERMANO, J. S. E.; MONTEIRO, I. C. de C.; GASPAR, A. As atividades de uma demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 371-384, 2010.

MONTEIRO, R. D. S. **Uma proposta de abordagem do tema “Radiação Eletromagnética” baseada na proposta CTS de ensino**. 2011. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Física), Universidade de Brasília, Brasília. 2011.

MORAES, J. U. P. A visão dos alunos sobre o Ensino de Física: um estudo de caso. **Scientia Plena**, Lagarto, v. 5, n.11, p. 1-7, 2009.

MORAES, J. U. P. **As TIC como facilitadoras da aprendizagem significativa no ensino de física**. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

NUNES, E. dos R. **Ensino de conceitos físicos no Ensino Médio e as contribuições dos objetos de aprendizagem**. 2011. 300 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

OLIVEIRA, R. L. M.; CORRÊA FILHO, J. A. John Dewey no ensino de Física – um relato de experiência com alunos de uma escola pública. Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007. **Anais...** São Luiz: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

OLIVEIRA, M. P. de. **Ensinando Física em aulas de Matemática no Ensino Fundamental**. 2011a. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física),

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011a.

OLIVEIRA, A. M. M. de. **Análise da relação de estudantes com as atividades experimentais de Eletromagnetismo utilizando o Vê de Gowin em contraposição ao relatório tradicional.** 2011b. 180 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011b.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o Ensino Médio.** 2012a. 234 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012a.

OLIVEIRA, C. S. **Atividade experimental investigativa: construção do termômetro de coluna líquida.** 2012b. 227 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Exatas), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2012b.

PAIVA, R. U. P. **Petróleo e a Física: uma visão contextualizada para o Ensino Médio.** 2012. 236 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012.

PEREIRA, W. G. **Física e competências em uma educação participativa: e o texto escrito na verificação da formação.** 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

PEREIRA JUNIOR, P. R. C. **O ensino de Eletricidade no quarto ano do Ensino Fundamental.** 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), Centro Universitário Franciscano, Santa Maria. 2012.

PORTO, C. M; PORTO, M. B. D. S. M. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4601-1-4610-10, 2009.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1402-1 - 1402-8, 2009.

RIBEIRO, R. J. **Curta de animação como organizador prévio no ensino de Física.** 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. 2011.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

ROSA, C. T. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de Física na Universidade de Passo Fundo. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Impresso), Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 13-27, 2003.

ROSA, C. T. W.; ROSA, Á. B. Ensino Experimental de Física na Universidade de Passo Fundo. Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Física, 9., 2004a. **Anais...**

Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

ROSA, C. T. W.; ROSA, Á. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 4, n.1, p. 1-18, 2005.

ROSA, C. W.; ROSA, Á. B. Ensino da Física: tendências e desafios na prática docente, **Revista Iberoamericana de Educación**, Passo Fundo, v. 43, n. 1, p. 1-13, 2007.

ROSA, R. S. **O uso de tecnologia da informação e comunicação na concepção de uma unidade didática para o ensino da relação entre força e movimento**. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

SALES, F. H. S.; OLIVEIRA, R. M. S.; PONTES, L. R. S. Experimentoteca de física: uma proposta alternativa para o ensino de física no ensino médio. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, ano 26, v. 4, p. 143-159, 2010.

SANTOS, G. H.; ALVES, L.; MORET, M. A. Modells: Animações Interativas mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. **Revista Sitientibus – Série Ciências Físicas**, Feira de Santana, v. 2, p. 56-67, 2006.

SILVA, I. L. **O ideal do belo como princípio, meio e fim do ensino-aprendizagem da Física**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências- Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

SILVA, R. C. **Ensino de Física por meio de produção de vídeos sobre Radiações Ionizantes**. 2012a. 104 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2012a.

SILVA, M. J. V. T. **Aulas de Física apoiadas por recursos virtuais: mapeando um projeto de alfabetização em Ciências no Ensino Médio**. 2012b. 183 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru. 2012b.

SOUZA, L. A. A. Trabalho docente: Reflexões acerca da condição de trabalho e valorização do professor da Escola pública. In: Congresso Nacional de Educação, 9, 2009. **Anais... PUCPR**, 2009.

SOUZA FILHO, M. P.; VIVEIROS, E. R.; MACUL, M.; BOZELLI, F. C.; RONQUI Jr, D.; NARDI, R. **Tendências da Pesquisa em Ensino de Física em Publicações e Eventos Recentes**. Bauru: Painel, Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 28 de nov. a 03 de dez. 2005.

SOUZA, P. V. S. **Uma abordagem para os conceitos de velocidade e aceleração no ensino médio**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.

SOUZA JÚNIOR, J. P. **Ensino da física e senso comum: as idéias prévias dos alunos do ensino médio e a aprendizagem de física**. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Centro Universitário Nove de Julho – Uninove, São Paulo. 2006.

STRIEDER, D. M.; BECKER, W. R. **O Cotidiano do Ensino e o Ensino sobre o Cotidiano** - Um Estudo da Mecânica e das Dificuldades na Aprendizagem da 3ª Lei de Newton. In: II Simpósio Nacional da Educação, 2010, Cascavel, PR.

TALIM, S. L. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 141-153, 1999.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-90, 2002.

VIEIRA, S. A. Césio-137, um drama recontado. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 217-236, 2013.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 224 p.

VIGOTSKI. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKI, L.S.; LURIA, A.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone Editora, 1998. 232 p.

VYGOTSKI. L. S. **Obras escogidas III**. Madri: Visor Dis, 2000. 381 p.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2003. 168 p.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Pesquisa em Ensino de Física Produção de sentidos e possibilidades de mediação na Física do Ensino Médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007.

WERLANG, R. B.; MACHADO, F. O.; SHIHADDEH, H. L.; MOTTA, L. F. da. Análise da inserção da teoria sociointeracionista em atividades de laboratório de Física Básica em um Curso de Geofísica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 246-266, 2012.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1

### **TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O aluno menor de 18 anos, sob sua responsabilidade legal, está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de autorizar o mesmo a fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. O aluno é livre para não querer participar desta pesquisa, bem como você é livre para não autorizar a participação do mesmo se sentir necessidade. Poderá ainda retirar o seu consentimento ou interromper a participação do menor de 18 anos a qualquer momento. A participação do aluno será voluntária e a recusa em autorizar a participação do mesmo não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (COEP/PROPE/PUC Goiás) pelos telefones (62) 3946-1512, (62) 39461071; bem como entrar em contato comigo pelo telefone (62) 81619631 ou e mail lucasberbor@gmail.com, ou com minha orientadora pelo telefone (62) 81119723.

#### **Informações importantes sobre a pesquisa:**

Título: “Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov”.

Identificação do pesquisador: meu nome é Lucas Bernardes Borges, doutorando do PPGE daPUC Goiás, responsável por esta pesquisa, que é parte das atividades do curso de doutorado, e professor no Instituto Federal de Goiás (IFG) câmpus Anápolis. Atualmente estou de licença para dedicar-me exclusivamente a esta pesquisa.

Objetivo geral da pesquisa: caracterizar as contribuições e os desafios do ensino desenvolvimental no ensino da Física para alunos do primeiro ano do curso Técnico em Informática do Instituto Federal Goiano (IFGoiano) do câmpus Hidrolândia.

Detalhamento dos procedimentos: assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; preenchimento de um questionário com perguntas envolvendo seu contexto sociocultural e a escola; realização das aulas com a presença do pesquisador em sala de aula fazendo observações e filmagem de 12 aulas.

Especificação sobre riscos, prejuízos, desconforto, lesões que podem ser provocados pela pesquisa: os riscos desta pesquisa serão mínimos, porém, em alguns casos, as respostas ao questionário trazem recordações ou emoções pessoais que poderão não ser agradáveis,

acarretando algum mal estar e desconforto (físico e/ou emocional), podendo ainda provocar algum tipo de constrangimento ao responder questões pessoais e/ou profissionais. Em caso de você sentir qualquer mal estar devido à sua participação na pesquisa e necessite de algum tipo de atendimento médico ou psicológico em decorrência da mesma, o pesquisador o encaminhará para o atendimento necessário sem custos para você ou para sua família.

Esta pesquisa não implicará em nenhum custo ao participante. Caberá a mim, como pesquisador, arcar com as despesas decorrentes de sua participação na pesquisa, e mesmo com todos os cuidados éticos da pesquisa, se ainda assim o adolescente se sentir lesado (a) terá o direito à indenização após determinação judicial, conforme estabelece a Resolução CNS No 466, de 12 de dezembro de 2012. O benefício de participar dessa pesquisa consiste única e exclusivamente em colaborar com a comunidade científica.

Esclareço que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Nós garantimos que em momento algum nenhuma informação pessoal sua que for conhecida será divulgada. Seus dados permanecerão confidenciais e sua privacidade será totalmente preservada.

Você tem plena liberdade de não aceitar participar dessa pesquisa e não haverá nenhuma modificação em seu tratamento caso não aceite.

Os dados coletados serão utilizados apenas para essa pesquisa e não serão armazenados para estudos futuros.

A presente pesquisa se justifica pelo fato da teoria do ensino desenvolvimental proposta por V. V. Davydov representar um aporte metodológico importante para concretizar mudanças no ensino de Física, tendo em vista obter uma qualidade de aprendizagem dos alunos com impacto nos índices de reprovação, mas sobretudo com impacto no desenvolvimento intelectual dos alunos.

### **Consentimento da participação como sujeito de pesquisa**

Eu, abaixo assinado, concordo em participar como sujeito voluntário desse estudo, sob responsabilidade do professor Lucas Bernardes Borges. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto resulte em qualquer prejuízo para mim.

---

Nome do voluntário

---

Lucas Bernardes Borges

## Apêndice 2

### TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário em uma pesquisa. Meu nome é Lucas Bernardes Borges. Minha área de atuação é Educação, com foco em Física. Sou pesquisador responsável pela execução desta pesquisa de doutorado, sob orientação da Dra Raquel A. M. M Freitas, professora do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO).

Após ler com atenção todas as páginas desse documento, você terá um tempo sem limites para ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir e retirar todas as suas dúvidas comigo e, se julgar necessário, com a orientadora. No caso de aceitar fazer parte do estudo, assine em todas as folhas e ao final deste documento, que está em duas vias, uma das quais lhe será entregue ao final. Ambas as vias também serão assinadas por mim em todas as folhas.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa você poderá entrar em contato comigo por meio do número de telefone 81619631 ou do e-mail lucasberbor@gmail.com.

#### **Informações importantes sobre a pesquisa:**

Título: “Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov”.

Identificação do pesquisador: meu nome é Lucas Bernardes Borges, doutorando do PPGE da PUC Goiás, responsável por esta pesquisa, que é parte das atividades do curso de doutorado, e professor no Instituto Federal de Goiás (IFG) câmpus Anápolis. Atualmente estou de licença para dedicar-me exclusivamente a esta pesquisa.

Objetivo geral da pesquisa: caracterizar as contribuições e os desafios do ensino desenvolvimental no ensino da Física para alunos do primeiro ano do curso Técnico em Informática do Instituto Federal Goiano (IF Goiano) do câmpus Hidrolândia.

Detalhamento dos procedimentos: assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; preenchimento de um questionário com perguntas envolvendo seu contexto sociocultural e a escola; realização das aulas com a presença do pesquisador em sala de aula fazendo observações e filmagem de 12 aulas.

Especificação sobre riscos, prejuízos, desconforto, lesões que podem ser provocados pela pesquisa: os riscos desta pesquisa serão mínimos, porém, em alguns casos, as respostas ao questionário trazem recordações ou emoções pessoais que poderão não ser agradáveis, acarretando algum mal estar e desconforto (físico e/ou emocional), podendo ainda provocar

algum tipo de constrangimento ao responder questões pessoais e/ou profissionais. Em caso de você sentir qualquer mal estar devido à sua participação na pesquisa e necessite de algum tipo de atendimento médico ou psicológico em decorrência da mesma, o pesquisador o encaminhará para o atendimento necessário sem custos para você ou para sua família.

Esta pesquisa não implicará em nenhum custo ao participante. Caberá a mim, como pesquisador, arcar com as despesas decorrentes de sua participação na pesquisa, e mesmo com todos os cuidados éticos da pesquisa, se ainda assim o adolescente se sentir lesado (a) terá o direito à indenização após determinação judicial, conforme estabelece a Resolução CNS No 466, de 12 de dezembro de 2012. O benefício de participar dessa pesquisa consiste única e exclusivamente em colaborar com a comunidade científica. Esclareço que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação.

Nós garantimos que em momento algum nenhuma informação pessoal sua que for conhecida será divulgada. Seus dados permanecerão confidenciais e sua privacidade será totalmente preservada.

Você tem plena liberdade de não aceitar participar dessa pesquisa e não haverá nenhuma modificação em seu tratamento caso não aceite.

Os dados coletados serão utilizados apenas para essa pesquisa e não serão armazenados para estudos futuros.

A presente pesquisa se justifica pelo fato da teoria do ensino desenvolvimental proposta por V. V. Davydov representar um aporte metodológico importante para concretizar mudanças no ensino de Física, tendo em vista obter uma qualidade de aprendizagem dos alunos com impacto nos índices de reprovação, mas sobretudo com impacto no desenvolvimento intelectual dos alunos.

### **Consentimento da participação como sujeito de pesquisa**

Eu, abaixo assinado, concordo em participar como sujeito voluntário desse estudo, sob responsabilidade do professor Lucas Bernardes Borges. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto resulte em qualquer prejuízo para mim.

---

Nome do voluntário

---

Lucas Bernardes Borges

### Apêndice 3

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Curso de Doutorado em Educação

#### Questionário

Título da pesquisa: Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov

Autor da pesquisa: Doutorando Lucas Bernardes Borges

Nome: \_\_\_\_\_ .

Questões:

1. Qual é a sua idade?

\_\_\_\_\_ .

2. Você mora na cidade de Hidrolândia?

Sim  Não

3. Caso não, onde você mora?

\_\_\_\_\_ .

4. Você vive com a sua família?

Sim  Não

5. Caso não, com quem você vive?

\_\_\_\_\_ .

6. Qual é a formação do seu pai?

Pós-graduação  Superior  Ensino Médio  Ensino Fundamental  Outro

7. Qual é a formação da sua mãe?

Pós-graduação  Superior  Ensino Médio  Ensino Fundamental  Outro

8. Qual a profissão do seu pai? Em que ele trabalha?

\_\_\_\_\_ .

9. Qual a profissão da sua mãe? Em que ela trabalha?

\_\_\_\_\_ .

10. Qual é sua renda familiar? (em salários mínimos)

Menos de 1  De 1 a 2  De 2 a 5  Mais de 5

11. Você trabalha?

Sim  Não

12. Caso sim, com que trabalha, quantas horas por dia e quantas vezes por semana?

---

---

13. Em que tipo de escola você cursou o Ensino Fundamental?

Pública  Particular  Pública e particular

14. Qual(is) disciplina(s) tem dificuldade?

---

---

---

15. O que motiva esta dificuldade?

---

---

---

16. Já estudou sobre as leis de Newton?

Sim  Não

17. Caso tenha estudado, teve dificuldade?

Sim  Não

18. Caso sim, qual foi o motivo da dificuldade?

---

---

---

19. Quantas horas por semana, aproximadamente, você dedica aos estudos, excetuando as horas de aula?

Nenhuma  Uma a duas  Três a cinco  Seis a oito  Mais de oito

20. Você dá valor à escola?

Sim  Não

21. Você dá valor ao saber?

Sim  Não

22. Caso sim, qual é este valor?

---

23. O que o(a) motivou a estudar no IFGoiano?

---

24. O que o(a) motivou a escolher o curso Técnico em Informática?

---

25. O que você considera importante na vida?

---

26. Você tem alguma crença?

Sim  Não

27. Caso sim, qual?

---

28. O que você costuma fazer nas horas dedicadas ao lazer?

---

29. Você tem costume de viajar?

Sim  Não

30. Caso sim, para onde costuma ir?

---

31. Você participa de algum grupo, como de amigos ou na igreja por exemplo?

Sim  Não

32. Caso sim, qual(is) grupo(s) você frequenta?

---

33. Você tem celular?

Sim  Não

34. Você manuseia computador?

Sim  Não

35. Caso sim, para qual finalidade você utiliza o computador?

---

36. Você tem internet em casa?

Sim  Não

37. Com que frequência você utiliza computador?

Nunca  Raramente  Às vezes  Frequentemente  Sempre

38. Como você classifica o seu conhecimento de Informática?

Muito bom  Bom  Ruim  Muito ruim

39. Qual(is) meio(s) você utiliza para se manter atualizado acerca dos acontecimentos do mundo contemporâneo?

Jornais  Revistas  TV  Rádio  Internet  Nenhum

## Apêndice 4

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Curso de Doutorado em Educação

### Roteiro de entrevista semi-estruturada com o professor

Título da pesquisa: Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov

Autor da pesquisa: Doutorando Lucas Bernardes Borges

Questões:

1. O que é ser professor de Física para você?
2. O que seria uma boa aprendizagem em Física do aluno?
3. Como é sua forma de ensinar?
4. Por que ensina assim?
5. Como é seu cotidiano em sala de aula?
6. Como busca superar os desafios enfrentados em sala de aula?
7. Qual a opinião dos alunos perante a Física?
8. Como lidam com a aprendizagem da Física?
9. O que sugere de mudanças para que o aprendizado seja mais significativo?

## Apêndice 5

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Curso de Doutorado em Educação

Roteiro de entrevista semi-estruturada com os alunos

Título da pesquisa: Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov

Autor da pesquisa: Doutorando Lucas Bernardes Borges

### Questões – orientadoras

1. O que você pensa sobre a educação que recebe na escola?
2. Como a educação que você recebe na escola está influenciando na sua vida?
3. Você considera a disciplina Física importante para a vida, para o dia à dia das pessoas? O que você vê na vida diária que pode ser relacionado a conteúdos da Física?
4. Na profissão em que está se formando, como vê o papel dos conhecimentos de Física?
5. Você gosta de estudar Física? Por quê?
6. Você considera que aprende bem conteúdos de Física? Por que?
7. De toda a sua experiência como estudante, o que tem a dizer sobre o modo como a Física é ensinada na escola? E como você considera que deve ser o ensino de Física?
8. Você saberia dizer de que modo utiliza o pensamento quando quer aprender um conteúdo de Física? Como aprendeu a pensar desse modo?

## Apêndice 6

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Curso de Doutorado em Educação

### Roteiro de observação direta não-participante das aulas de Física

Título da pesquisa: Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov

Autor da pesquisa: Lucas Bernardes Borges

Conteúdo: leis de Newton

Contexto da sala de aula:

1. Relacionamento entre os alunos, e entre os alunos e o professor.
2. Comportamento dos alunos.
3. Intervenção dos alunos.
4. Outros aspectos relevantes.

Ações de ensino do professor:

1. Interação com os alunos.
2. Aplicação do plano de ensino.
3. Outros aspectos relevantes.

Ações de aprendizagem dos alunos:

1. Grau de envolvimento e participação dos alunos nas aulas.
2. Interlocuções entre os alunos e o professor.
3. Capacidade para participar em grupos.
4. Interiorização dos conceitos pelos alunos.
5. Capacidade de generalização teórico-conceitual.
6. Outros aspectos relevantes.

## Apêndice 7

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Curso de Doutorado em Educação

### Instrumento de Coleta de dados - Tarefa de diagnóstico

Título da pesquisa: Ensino e aprendizagem de Física: extraindo contribuições da teoria de Davydov

Autor da pesquisa: Doutorando Lucas Bernardes Borges

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_ .

Questões:

1) Imagine que você está em cima de um cavalo que está galopando em disparada e para repentinamente. O que acontece com você no momento em que o cavalo para? E como isso pode ser explicado cientificamente?

2) Imagine um acidente em que um carro capote estando a uma velocidade de 80km/h. O que pode ocorrer com as pessoas dentro do carro caso não estejam usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado? E qual seria a diferença caso estejam utilizando usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado?

3) Você está limpando seu quarto, precisa retirar uma pilha de livros com 5kg que está sobre a mesa e para isso aplica uma força vertical de 10N. Como proceder para calcular antes se com essa força você conseguirá erguer os livros?

4) Você está passando por uma rua horizontal e vê um amigo com o carro que não está dando partida. Você oferece ajuda para empurrar o carro para a direita e com velocidade constante. Nesse caso, desprezando-se a resistência do ar e os atritos, que forças atuam no veículo? Como podem ser representadas?

Imagine que o local onde está o carro permite a vocês empurrar no sentido de uma subida e no sentido de uma descida. Em qual sentido você prefere empurrar o carro? Por quê? De repente você vê outro amigo passando pela rua e pede ajuda a ele. Seu amigo vê que o porta malas do carro está cheio e pede para o dono do carro retirá-las para ficar mais fácil de empurrá-lo. Você concorda com seu amigo? Por quê?

5) Você vai até uma feira fazer compras e leva um carrinho de feira para trazê-las. É mais fácil colocar o carrinho em movimento quando ele estiver vazio ou cheio? O que explica tal fato?

6) Você está de bicicleta e um colega pede carona para ir na garupa da mesma. Você nota alguma diferença para pedalar após ele sentar na garupa? Qual? Como pode ser explicada?

7) O pai do seu amigo, que é caminhoneiro, diz que quando o caminhão dele está descarregado faz 5 km/l de diesel e que quando está carregado faz 4 km/l de diesel. Como proceder para saber se a afirmação do pai do seu amigo é correta? Por quê?

8) Você está andando distraidamente e acerta o dedo do pé na quina da parede, sentindo muita dor. Como explicar cientificamente este fato a partir dos seus conhecimentos de Física?

9) Imagine que o professor faça o seguinte:

- coloque um pedaço de barbante dentro de um anel;
- prende o barbante a uma altura de 1,50m de um lado a outro da sala;
- prende no anel uma bexiga cheia de ar, de modo que não escape o ar da bexiga;
- leva o sistema bexiga/anel para o centro da sala.

Ao soltar a bexiga, de modo que o ar passe a sair dela, o que acontecerá? Por quê?

10) Você identifica alguma semelhança quanto ao modo de pensar e resolver os problemas apresentados, que pode ser considerada uma ou mais relações básicas? Qual(is) é(são) ela(s)?

## Apêndice 8

**Instituto Federal Goiano Campus Avançado Hidrolândia**

**Professor: Paulo Silva Melo**

**Curso: Técnico Integrado em Informática**

**Turma: 1º ano**

### **Plano de ensino fundamentado na teoria de V. V. Davydov para o ensino do conceito Primeira lei de Newton (Princípio da Inércia)**

Objeto da aprendizagem dos alunos: primeira lei de Newton (Princípio da Inércia)

Relação geral básica (princípio geral): resistência à variação do estado de movimento

O professor inicia esclarecendo aos alunos qual é o objetivo do ensino-aprendizagem da aula e que eles deverão realizar as tarefas conforme solicitado sem alterar etapas ou materiais, seguindo as orientações do professor.

Em seguida faz algumas perguntas aos alunos no intuito de despertar os motivos deles para o estudo da inércia, sendo elas:

- Você já ouviu falar em inércia? O que seria?
- Dê um ou mais exemplo(s) em que há a presença da inércia.
- Você considera o estudo da inércia importante. Por quê?
- Como você acha que o conceito da inércia foi concebido?
- Qual é a relação da inércia com o seu cotidiano?

O professor pode discutir com os alunos como se deu o desenvolvimento do conceito inércia ao longo da história.

De acordo com Aristóteles os movimentos terrestres se davam por meio da existência de uma força motriz e uma resistência. Para que determinado objeto se movimentasse era necessário que a força motriz, transmitida por contato e oriunda externamente ao objeto, fosse maior que a resistência, que podia ser maior ou menor de acordo com o meio em que se encontrava.

Para argumentar em prol da persistência inercial do movimento Galileu se fundamentou na gravidade e para isso fez diversas experiências com variadas esferas em um plano inclinado, chegando à conclusão que o movimento de subida é desacelerado porque o corpo se afasta do centro da Terra, o movimento de descida é acelerado porque coincide com a tendência de queda natural do corpo grave e que na horizontal essa tendência não é nem contrariada nem favorecida, de modo que Galileu concluiu que a velocidade do movimento não deveria aumentar nem diminuir e descreveria um arco de circunferência concêntrico com a Terra (PORTO; PORTO, 1999).

Isaac Newton em seu livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* enunciou a primeira lei de Newton: "Todo o corpo permanece no seu estado de repouso, ou de movimento uniforme retilíneo, a não ser que seja compelido a mudar esse estado devido à ação de forças aplicadas".

#### **I) Tarefa com um problema envolvendo o conceito de inércia, contendo ações práticas e ações mentais, para que os alunos identifiquem e extraiam dados, analisando-os e identificando a relação geral básica (princípio geral) do conceito inércia.**

O professor organiza a turma em grupos de 5 ou 6 componentes de forma que em todos tenham alunos com variados graus de dificuldade.

Na aula sobre a primeira lei de Newton ou Princípio da Inércia o professor pediu a

colaboração de alguns alunos para representar a situação de um ônibus do transporte de estudantes. Esta situação se aproxima do cotidiano dos alunos, visto que eles vão e voltam todos os dias do IFGoiano de ônibus. A finalidade desta atividade é que os alunos pudessem observar a aplicação do conceito em dois momentos específicos: ao colocar o ônibus em movimento e ao frear o ônibus. O professor escolheu um aluno para atuar como motorista do ônibus e quatro alunos para atuarem como passageiros. O motorista parou o ônibus no ponto e embarcou os passageiros. Ao arrancar os alunos foram para trás. Em seguida o motorista freou bruscamente e todos os alunos foram para frente.

Após assistirem aos vídeos o professor passa a fazer perguntas objetivando incentivar os alunos a discutirem e identificarem os dados que podem ser extraídos da atividade realizada e analisá-los:

- O que ocorreu com as pessoas quando o ônibus acelerou? Por quê? Como pode ser classificado este movimento do ônibus?
- O que ocorreu com as pessoas quando o ônibus desacelerou? Por quê? Como pode ser caracterizado este movimento do ônibus?
- Houve alguma diferença nos dois casos? Qual? Como pode ser explicada?
- Nos dois casos qual foi a força resultante em cada pessoa que estava dentro do ônibus?
- Em qual(is) situação(ões) a pessoa não iria nem pra frente nem pra trás dentro do ônibus?

O professor orienta os alunos a identificarem, nos 2 casos, qual a relação básica presente, ou seja, resistência à variação do estado de movimento.

Para que isso ocorra deverão perceber que:

- no caso em que o ônibus estava em repouso e acelerou, passando a se movimentar, a pessoa foi para trás pelo fato dela tender a permanecer em seu estado inicial, que era o repouso;
- no caso em que o ônibus estava em movimento e desacelerou, passando a reduzir a velocidade até esta chegar a zero, passando a ficar em repouso, a pessoa foi para frente pelo fato dela tender a permanecer em seu estado inicial, que era de movimento;
- nos dois casos a força resultante em cada pessoa foi zero.
- quando o ônibus estiver em repouso ou em movimento uniforme as pessoas não irão pra frente nem pra trás.

Os alunos devem chegar à conclusão de que a relação geral básica é a resistência à variação do estado de movimento.

## **II) Modelação da relação geral básica**

1) O professor pede que aos alunos que, em grupos, criem uma representação (modelo) da relação geral básica na forma de um enunciado, devendo equivaler a “inércia ocorrendo quando um determinado objeto permanece com sua condição de movimento, podendo ser repouso ou movimento uniforme, quando a força resultante aplicada sobre ele for igual a zero”.

## **III) Transformação do modelo da relação geral básica para estudar suas propriedades em “forma pura”**

1) O professor solicita aos alunos que realizem uma tarefa em que são introduzidas, propositalmente, mudanças nas condições de movimento do ônibus de modo que a relação geral básica seja alterada. Para isso pede aos alunos que cada um se imagine dentro do ônibus que os levam e buscam para o Instituto, introduzindo mudanças e analisando o que acontece:

- primeira situação: o ônibus em repouso com o motorista pisando no freio;
- segunda situação: o ônibus em repouso em um declive com o motorista pisando no freio;
- terceira situação: o ônibus em movimento em um trecho da estrada plana e horizontal, e o

motorista o mantém em movimento uniforme;

- quarta situação: o ônibus em movimento em um trecho de aclave e o motorista o mantém em movimento uniforme;

2) O professor pergunta aos alunos, em cada situação, o que ocorre em função das mudanças introduzidas:

- Quais situações acima há a presença da inércia? Por quê?

Os alunos devem chegar à conclusão de que o conceito de inércia envolve um princípio geral que, por sua vez, possui outras relações e que a mudança na relação geral básica gera mudanças nas demais relações envolvendo o conceito, podendo afetá-lo.

#### **IV) Realização de um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas utilizando o princípio geral de inércia**

a) Muitas pessoas transportam objetos na parte localizada logo atrás do encosto de cabeça do banco traseiro dos automóveis. Em caso de acidente o que aconteceria com estes objetos? Este local seria o mais seguro para acomodar os objetos? Por quê?

b) Você coloca uma folha de papel embaixo de um livro que está sobre uma mesa e a puxa rapidamente. O que irá acontecer com o livro? Por quê?

c) Imagine você andando de skate e de repente as rodinhas se prendem numa pedra, parando o skate. O que acontece com você? Como explicar cientificamente este fato a partir dos seus conhecimentos de Física?

#### **V) Monitoramento e controle da realização das ações anteriores**

O professor deve estar atento a todo momento para verificar se todos estão participando e realizando as ações do modo como foram propostas. Também solicita aos alunos que se autoavaliem, verificando se estão cumprindo o que foi proposto.

#### **VI) Avaliação da aprendizagem do princípio geral (conceito) de Força resultante**

Essa ação consiste no exame consciente do aluno sobre sua atividade mental durante todas as etapas, analisando se chegou à formação do conceito, identificando seu princípio geral, suas relações e sendo capaz de utilizá-lo para resolver problemas na realidade cotidiana concreta. Os alunos deverão ser solicitados, nas várias tarefas, a examinar todas as suas ações durante a execução a fim de analisarem seu próprio desempenho, se estão atendendo integralmente o que foi proposto e se há dificuldade.

O professor aplica um instrumento de avaliação da aprendizagem contendo problemas para serem resolvidos pelos alunos utilizando o conceito de inércia.

#### **Instrumento de avaliação**

1) Imagine que você está em cima de um cavalo que está galopando em disparada e para repentinamente. O que acontece com você no momento em que o cavalo para? E como isso pode ser explicado cientificamente?

2) Imagine um acidente em que um carro capote estando a uma velocidade de 80km/h. O que

pode ocorrer com as pessoas dentro do carro caso não estejam usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado? E qual seria a diferença caso estejam utilizando usando o cinto de segurança? De que modo pode ser explicado?

3) Você está caminhando pela rua, seu colega passa de moto pela rua e oferece a você uma carona. Você coloca o capacete e senta na garupa da mesma. Seu colega arranca a moto rapidamente. O que pode acontecer com você caso não esteja segurando firme? Por quê?

## Apêndice 9

**Instituto Federal Goiano Campus Avançado Hidrolândia**

**Professor: Paulo Silva Melo**

**Curso: Técnico Integrado em Informática**

**Turma: 1º ano**

### **Plano de ensino fundamentado na teoria de V. V. Davydov para o ensino do conceito Segunda lei de Newton**

Objeto da aprendizagem dos alunos: segunda lei de Newton

Relação geral básica (princípio geral): relação entre força resultante, massa e aceleração

O professor inicia esclarecendo aos alunos qual é o objetivo do ensino-aprendizagem da aula e que eles deverão realizar as tarefas conforme solicitado sem alterar etapas ou materiais, seguindo as orientações do professor.

#### **I) Tarefa com um problema envolvendo o conceito da segunda lei de Newton, contendo ações práticas e ações mentais, para que os alunos identifiquem e extraiam dados, analisando-os e identificando a relação geral básica (princípio geral) deste conceito.**

O professor irá propor dois experimentos para que os alunos cheguem à relação geral básica que é relação entre força resultante, massa e aceleração. O primeiro consiste em três esferas de massas diferentes e um canudinho, em que os alunos deverão aferir a massa das esferas e colocá-las em uma superfície plana e horizontal e soprá-las utilizando o canudinho. O segundo consiste em um dinamômetro e três pesos. Os alunos deverão aferir a massa dos três objetos. Os alunos colocarão o dinamômetro na vertical, prenderão cada um dos objetos na ponta dele e farão as leituras. O professor pede que pesquisem no livro o valor da aceleração da gravidade. O professor auxiliará os alunos a elaborarem uma tabela para preencherem com os dados coletados.

**Tabela 1.** Modelo de tabela a ser construída pelos alunos.

$m_{obj}$	$a$	$F_r$	$m_{obj} + a$	$m_{obj} - a$	$m_{obj} \times a$	$m_{obj} : a$

em que:

$m_{obj}$  - massa do peso;

$a$  - módulo da aceleração da gravidade;

$F_r$  - força resultante.

O professor passa a fazer perguntas objetivando incentivar os alunos a discutirem e identificarem os dados que podem ser extraídos da atividade realizada e analisá-los:

- Como foi o movimento das três esferas? Por quê?

- O que ocorre com a leitura no dinamômetro quando se colocar uma massa maior?

O professor pede que alunos analisem os resultados contidos na tabela e verifiquem se existe alguma relação entre os dados coletados no experimento, auxiliando-os a identificarem qual a relação básica presente, ou seja, a relação entre força resultante, massa e aceleração. Para que isso ocorra deverão perceber que:

- a esfera com massa menor foi a que se movimentou com maior aceleração ao ser soprada;

- a esfera com massa intermediária foi a que se movimentou com aceleração intermediária ao ser soprada;
- a esfera com massa maior foi a que se movimentou com menor aceleração ao ser soprada;
- o objeto com massa menor propiciará uma leitura menor no dinamômetro;
- o objeto com massa intermediária propiciará uma leitura intermediária no dinamômetro;
- o objeto com massa maior propiciará uma leitura maior no dinamômetro.

Os alunos devem chegar à conclusão de que a relação geral básica é a relação entre força resultante, massa e aceleração.

## **II) Modelação da relação geral básica**

1) O professor pede que aos alunos que, em grupos, criem uma representação (modelo) da relação geral básica na forma de um enunciado, devendo equivaler a “Segunda lei de Newton é força resultante igual à multiplicação da massa pela aceleração”.

## **III) Transformação do modelo da relação geral básica para estudar suas propriedades em “forma pura”**

1) O professor solicita aos alunos que realizem uma tarefa em que são introduzidas, propositalmente, mudanças no experimento realizado, de modo que a relação geral básica seja alterada.

Par isso pede aos alunos que realizem novamente o experimento, de forma imaginária, introduzindo mudanças e analisando o que acontece:

- primeira situação: em vez de um aluno soprar cada esfera, soprarem dois alunos no mesmo sentido;
- segunda situação: em vez de adotar o valor da gravidade como  $10\text{m/s}^2$ , utilizar o valor de  $1,6\text{m/s}^2$ .

2) O professor pergunta aos alunos, em cada situação, o que ocorre em função das mudanças introduzidas:

- Neste caso o que ocorrerá com o movimento das esferas? Por quê?
- Qual será a leitura no dinamômetro para os três objetos? Por quê?

Os alunos devem chegar à conclusão de que o conceito da segunda lei de Newton envolve um princípio geral que, por sua vez, possui outras relações e que a mudança na relação geral básica gera mudanças nas demais relações envolvendo o conceito, podendo afetá-lo.

## **IV) Realização de um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas utilizando o princípio geral da segunda lei de Newton**

1) O professor pede que os alunos resolvam tarefas na forma de diversificados problemas envolvendo situações contextualizadas no cotidiano social dos alunos, e que para serem resolvidos requerem utilizar o conceito segunda lei de Newton.

a) Imagine você andando de bicicleta, que suas pernas exerçam uma força horizontal na bicicleta de intensidade 50 N, que a massa da bicicleta seja 50 kg e que sua massa seja 45 kg. Desprezando-se os atritos, o que se pode dizer sobre o movimento da bicicleta? Apresente os cálculos para se encontrar a intensidade da aceleração. De repente você encontra um colega e

ele pede carona para ir na garupa da mesma. Você nota alguma diferença para pedalar após ele sentar na garupa? Qual? Como pode ser explicada? O que se pode dizer do movimento após seu colega sentar na garupa? Apresente os cálculos para se encontrar a intensidade da aceleração.

b) O pai do seu amigo, que é caminhoneiro, diz que quando o caminhão dele está descarregado faz 5 km/l de diesel e que quando está carregado faz 4 km/l de diesel. Como proceder para saber se a afirmação do pai do seu amigo é correta? Por quê? Considere que o caminhão vazio tenha massa igual a 10 toneladas, que o caminhão carregado tenha 15 toneladas e que o motor do caminhão imprima uma força de intensidade 7500N. O que se pode dizer do movimento nestes dois casos, considerando que o caminhão esteja numa rua plana e horizontal?

c) Você está limpando seu quarto, precisa retirar uma pilha de livros com 5kg que está sobre a mesa e para isso aplica uma força vertical de 10N. Como proceder para calcular antes se com essa força você conseguirá erguer os livros? O que você terá que fazer para conseguir erguer a pilha de livros?

d) Você está passando por uma rua horizontal e vê um amigo com o carro que não está dando partida. Você oferece ajuda para empurrar o carro para a direita e com velocidade constante. Nesse caso, desprezando-se a resistência do ar e os atritos, que forças atuam no veículo? Como podem ser representadas? Considere que o carro tenha massa igual a 900kg, que esteja carregado com uma bagagem de 200kg e que vocês conseguem imprimir nele uma aceleração de intensidade  $0,01\text{m/s}^2$ . Desprezando os atritos, por que o carro atingiu esta aceleração? Apresente os cálculos para se encontrar a intensidade da força resultante. Em seguida você sugere que tirem a bagagem do carro e o empurram novamente. O que ocorrerá com o movimento do carro? Apresente os cálculos para se encontrar a intensidade da aceleração.

e) Você vai até uma feira fazer compras e leva um carrinho de feira para trazê-las. É mais fácil colocar o carrinho em movimento quando ele estiver vazio ou cheio? O que explica tal fato? Imagine que o carrinho vazio tenha massa igual a 10kg, que cheio tenha massa igual a 40kg e que se queira imprimir nele uma aceleração de intensidade  $0,1\text{m/s}^2$ . Desprezando-se os atritos e considerando que o carrinho esteja numa superfície plana e horizontal, o que deve ser feito para que isso ocorra? Apresente os cálculos para se encontrar as intensidades das forças resultantes.

### **V) Monitoramento e controle da realização das ações anteriores**

O professor deve estar atento a todo momento para verificar se todos estão participando e realizando as ações do modo como foram propostas. Também solicita aos alunos que se autoavaliem, verificando se estão cumprindo o que foi proposto.

### **VI) Avaliação da aprendizagem do princípio geral (conceito) da segunda lei de Newton**

Essa ação consiste no exame consciente do aluno sobre sua atividade mental durante todas as etapas, analisando se chegou à formação do conceito, identificando seu princípio geral, suas relações e sendo capaz de utilizá-lo para resolver problemas na realidade cotidiana concreta. Os alunos deverão ser solicitados, nas várias tarefas, a examinar todas as suas ações durante a execução a fim de analisarem seu próprio desempenho, se estão atendendo integralmente o que foi proposto e se há dificuldade.

O professor aplica um instrumento de avaliação da aprendizagem contendo problemas para serem resolvidos pelos alunos utilizando o conceito segunda lei de Newton.

### **Instrumento de avaliação**

- 1) Seu tio chama você para dar um passeio de canoa num lago e ela possui um motor de popa. Suponha que o motor de popa exerça na água uma força de intensidade 100N e que as massas da canoa, do seu tio e sua sejam, respectivamente, 60kg, 80kg e 45kg. Desprezando os atritos e considerando a segunda lei de Newton, o que se poderia afirmar sobre o movimento da canoa? Justifique sua resposta.
  
- 2) Imagine que você esteja em um aeroporto assistindo os aviões decolarem. Num determinado momento você assiste a decolagem de um avião que possui turbinas, partindo do repouso, com uma aceleração constante de intensidade  $5\text{m/s}^2$  e massa igual a 1.500kg. Valendo-se da segunda lei de Newton, explique como o avião se movimenta.
  
- 3) Imagine você andando de bicicleta, que suas pernas exerçam uma força horizontal na bicicleta de intensidade 50N e que as massas da bicicleta e sua sejam, respectivamente, 50kg e 45kg. Desprezando-se os atritos e valendo-se da segunda lei de Newton, o que se pode dizer sobre o movimento da bicicleta?

## Apêndice 10

**Instituto Federal Goiano Campus Avançado Hidrolândia**

**Professor: Paulo Silva Melo**

**Curso: Técnico Integrado em Informática**

**Turma: 1º ano**

### **Plano de ensino fundamentado na teoria de V. V. Davydov para o ensino do conceito terceira lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)**

Objeto da aprendizagem dos alunos: terceira lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)

Relação geral básica (princípio geral): forças opostas

O professor inicia esclarecendo aos alunos qual é o objetivo do ensino-aprendizagem da aula e que eles deverão realizar as tarefas conforme solicitado sem alterar etapas ou materiais, seguindo as orientações do professor.

Em seguida faz algumas perguntas aos alunos no intuito de despertar os motivos deles para o estudo da ação e reação, sendo elas:

- Você já ouviu falar em ação e reação? O que seria?
- Dê um ou mais exemplo(s) em que há a presença da ação e reação.
- Como você acha que o conceito da ação e reação foi criado? Por que foi necessário criar esse conceito?
- Como a ação e reação está no seu cotidiano?

#### **I) Tarefa com um problema envolvendo o conceito de ação e reação, contendo ações práticas e ações mentais, para que os alunos identifiquem e extraiam dados, analisando-os e identificando a relação geral básica (princípio geral) do conceito ação e reação.**

O professor organiza a turma em grupos com 5 ou 6, com composição heterogênea quanto ao desenvolvimento já alcançado pelos alunos na disciplina Física.

O professor exibirá um vídeo do lançamento de um foguete para o espaço e pede que os alunos assistam e analisem o que ocorre.

Em seguida o professor pedirá que cada grupo faça o seguinte:

- coloque um pedaço de barbante dentro de um anel;
- prende o barbante a uma altura de 1,50m de um lado a outro da sala;
- prende no anel uma bexiga cheia de ar, de modo que não escape o ar da bexiga;
- leva o sistema bexiga/anel para o centro da sala;
- solte a bexiga.

Após este experimento o professor realizará outro composto de dois dinamômetros e um carrinho. O experimento consiste em prender um dos lados de um dos dinamômetros num superfície plana e vertical e o outro lado num bloco de madeira. Um dos lados do segundo dinamômetro também deverá ser preso no bloco de e o outro lado ficará livre para que os alunos puxem-o, ou seja, estarão realizando uma força na extremidade do dinamômetro. Os alunos deverão fazer a leitura nos dois dinamômetros quando puxarem a extremidade que ficou livre de um deles, fazendo várias leituras a partir de várias forças aplicadas na extremidade do dinamômetro.

- o professor deve perguntar aos alunos o que foi observado. Por fim o professor pergunta aos alunos se há alguma relação entre todas as ações realizadas e em caso afirmativo qual(is) seria(m) ela(s). Depois da discussão o professor poderia propor que tentassem enunciar a relação evidenciada.

Após realizarem todas estas etapas o professor passa a fazer perguntas objetivando incentivar os alunos a discutirem e identificarem os dados que podem ser extraídos da atividade realizada e analisá-los:

- O que ocorreu com o foguete? Por quê?
- O que ocorreu com bexiga? Por quê?
- O que se pode concluir do experimento dos dinamômetros?

O professor orienta os alunos a identificarem, nos 3 casos, qual a relação básica presente, ou seja, forças opostas.

Para que isso ocorra deverão perceber que:

- no primeiro caso o foguete sobe pelo fato do foguete empurrar o ar para baixo e o ar empurrar o foguete para cima.
- no segundo caso a bexiga empurra o ar para um lado e o ar empurra a bexiga para o lado oposto.
- no terceiro caso as leituras nos dois dinamômetros será a mesma pelo fato das intensidades das forças serem as mesmas.

Após, o professor passa a fazer perguntas objetivando incentivar os alunos a discutirem o que observaram, identificando dados que possam ser utilizados para identificar a relação básica forças opostas.

## **II) Modelação da relação geral básica**

1) O professor pede que aos alunos que, em grupos, criem uma representação (modelo) da relação geral básica na forma de um enunciado, devendo equivaler a “a toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção e de sentidos opostos”.

## **III) Transformação do modelo da relação geral básica para estudar suas propriedades em “forma pura”**

1) O professor solicita aos alunos que realizem uma tarefa em que são introduzidas, propositalmente, mudanças nas tarefas realizadas, de modo que a relação geral básica seja alterada e pede que analisem o que acontece.

- primeira situação: o motor do foguete sofre uma pane durante a subida;
- segunda situação: coloca-se o balão vazio no barbante;
- terceira situação: o carrinho é puxado em um aclone.

2) O professor pede aos alunos que analisem e expliquem, em cada situação, o que ocorre em função das mudanças introduzidas e por que?

Os alunos devem chegar à conclusão de que o conceito de ação e reação envolve um princípio geral que, por sua vez, possui outras relações e que a mudança na relação geral básica gera mudanças nas demais relações envolvendo o conceito, o que produz consequências.

## **IV) Realização de um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas utilizando o princípio geral de ação e reação**

a) Seu colega fala para você que brigou na rua, deu um murro na pessoa e que depois deste evento a mão dele ficou doendo. Qual seria a explicação da mão do seu colega estar doendo do ponto de vista dos conceitos da Física? Represente por meio de um desenho a(s) força(s) aplicada(s) na pessoa e na sua mão.

b) Você está numa competição de natação e pretende aplicar os conceitos de Física estudados em sala de aula para melhorar seu desempenho na competição. Você se pergunta: o que devo fazer dentro da piscina para que meu corpo seja lançado para frente? Com qual conceito da Física este fato está relacionado? O que você deve fazer para que seu corpo seja lançado com uma maior velocidade para frente? Represente por meio de um desenho a(s) força(s) aplicada(s) na água da piscina e na sua mão.

c) Você está jogando truco, se emociona e dá um tapa bem forte na mesa. O que acontece com sua mão? Valendo-se dos conceitos da Física, por que isso aconteceu? Represente por meio de um desenho a(s) força(s) aplicada(s) na mesa e na sua mão.

d) Imagine que você queira saber qual é a intensidade de sua força exercida horizontalmente. Como você procederia? Por quê?

e) Você vai visitar seu amigo marceneiro e ao chegar ele está martelando um prego. Pode-se dizer que há a aplicação da terceira lei de Newton neste caso? Explique.

f) Os satélites artificiais são lançados para o espaço e nesta região não existe atmosfera, ou seja, não existe ar (vácuo). Um helicóptero conseguiria voar no espaço? Por quê?

g) Assistimos na aula sobre a terceira lei de Newton um vídeo que mostrava o lançamento de um foguete. Utilizando este conceito, como o foguete consegue subir?

h) Imagine que o professor faça o seguinte:

- coloque um pedaço de barbante dentro de um anel;
- prende o barbante a uma altura de 1,50m de um lado a outro da sala;
- prende no anel uma bexiga cheia de ar, de modo que não escape o ar da bexiga;
- leva o sistema bexiga/anel para o centro da sala.

Ao soltar a bexiga, de modo que o ar passe a sair dela, o que acontecerá? Por quê?

## **V) Monitoramento e controle da realização das ações anteriores**

O professor deve estar atento a todo momento para verificar se todos estão participando e realizando as ações do modo como foram propostas. Também solicita aos alunos que se autoavaliem, verificando se estão cumprindo o que foi proposto.

## **VI) Avaliação da aprendizagem do princípio geral (conceito) de Força resultante**

Essa ação consiste no exame consciente do aluno sobre sua atividade mental durante todas as etapas, analisando se chegou à formação do conceito, identificando seu princípio geral, suas relações e sendo capaz de utilizá-lo para resolver problemas na realidade cotidiana concreta. Os alunos deverão ser solicitados, nas várias tarefas, a examinar todas as suas ações durante a execução a fim de analisarem seu próprio desempenho, se estão atendendo integralmente o que foi proposto e se há dificuldade

O professor aplica um instrumento de avaliação da aprendizagem contendo problemas para serem resolvidos pelos alunos utilizando o conceito de ação e reação.

### **Instrumento de avaliação**

1) Seu tio o chama para dar um passeio de canoa e esta possui um motor de popa. Valendo-se

da terceira lei de Newton, por que a canoa se movimenta?

2) Você está andando distraidamente e acerta o dedo do pé na quina da parede, sentindo muita dor. Como explicar cientificamente este fato a partir dos seus conhecimentos de Física? Represente por meio de um desenho a(s) força(s) aplicada(s) na parede e no seu pé.

3) Imagine que você esteja em um aeroporto assistindo os aviões decolarem. Num determinado momento você assiste a decolagem de um avião que possui turbinas, partindo do repouso, com uma aceleração constante de intensidade  $5\text{m/s}^2$  e massa igual a  $1.500\text{kg}$ . Valendo-se da terceira lei de Newton, explique como o avião se movimenta.

## Apêndice 11

**Quadro 1.** Dados familiares dos alunos.

	Qual é a sua idade? (em anos)	Você mora em Hidrolândia?	Você mora com a família?	Qual é a formação do seu pai?	Qual é a formação da sua mãe?	Qual é a profissão do seu pai?	Qual é a profissão da sua mãe?	Qual é a renda familiar?	Você trabalha?
A01									
A02	15	Sim	Sim	EF	EM	trabalha na fulga	faz salgadinhos	1 a 2	Não
A03	16	Sim	Sim	pós	EM	área de saneamento básico	cozinheira	1 a 2	Não
A04	15	Não	Sim	EF	EM	produtor rural	doméstica	2 a 5	Não
A05									
A06	16	Sim	Sim	EM	Superior	comerciante e trabalha numa mercearia	enfermeira	2 a 5	Não
A07	16	Sim	Sim	EF	EM	Comerciante		1 a 2	Não
A08	15	Sim	Sim	EM	Superior	fiscal municipal da prefeitura de Hidrolândia	professora em uma escola pública	mais de 5	Não
A09	18	Sim	Sim	n/r	EM			1 a 2	Não
A10	15	Sim	Sim	Graduando	Graduanda	guarda municipal e frentista	agente de endemias	1 a 2	Não
A11	15	Sim	sim	superior	EM	administrador e trabalha como gerente em um frigorífico	feirante	mais de 5	Não

A12	15	Sim	sim	EM	EM	Jardinagem	do lar	2 a 5	Não
A13	14	Sim	sim	n/r	EM	Metalúrgico	não trabalha	mais de 5	Não
A14	15	Não	sim	n/r	pós	guarda municipal da prefeitura	professora da prefeitura de Goiânia	mais de 5	Não
A15	15	Sim	sim	EF	EF	Pedreiro	vendedora de cosméticos	menos de 1	Sim
A16	17	Sim	sim	superior	superior	é técnico em enfermagem e trabalha no resgate	manicure e trabalha no salão de beleza	1 a 2	Sim
A17	15	Sim	sim	EF	pós	tem o próprio negócio	trabalha na creche	2 a 5	Sim
A18	15	Sim	sim	EM	superior	produtor rural criando gado de leite	professora dando aulas para o Ensino Fundamental	2 a 5	Não
A19	15	Sim	sim	superior	superior	automação industrial com máquinas nas indústrias	contadora e trabalha na direção financeira de uma empresa	2 a 5	Não
A20	15	Sim	sim	EM	pós	trabalhador rural	professora	1 a 2	Não

A21	16	Sim	sim	EM	pós	autônomo e compra e vende carros	bancária	1 a 2	Não
A22	15	Sim	sim	EM	EM	operador de empilhadeira, mas atualmente trabalha em um frigorífico	agente de endemias e trabalha na prefeitura como agente da dengue	2 a 5	Não
A23	16	Sim	sim	EM	pós	faz bico	professora	2 a 5	Não
A24	15	Sim	sim	EF	EF	Caminhoneiro	trabalha numa farmácia	2 a 5	Sim
A25	16	Sim	sim	EM	EF		cozinheira	1 a 2	Sim
A26									
A27	16	Sim	sim	n/r	EF		trabalha como secretária do lar em uma casa fazendo a limpeza	2 a 5	Não

---

## Apêndice 12

**Quadro 2.** Dados da vida escolar dos alunos.

	Você cursou o EF em escola particular ou pública?	Qual(is) disciplina(s) você tem dificuldade?	O que a motiva?	Quantas horas você estuda por semana?	Você dá à escola?	Você dá ao saber?	Caso sim, qual é este valor?	Por que estudar no IF?	Por que este curso?	O que considera importante na vida?
A01										
A02	pública	Geografia, Química, Biologia, Inglês e Matemática	possuir déficit de atenção e por causa das brincadeiras na sala	1 a 2	Sim	sim	quer ser alguém na vida	por ser um curso bom para a área de trabalho		Considera a família importante na vida
A03	pública	Matemática	Matemática muito complexa e não consegue resolver determinados exercícios	3 a 5	Sim	sim	gostar de aprender novas coisas	ser integrado ao Ensino Médio e por ser de qualidade		perseverança de não desistir
A04	púb/par	Matemática e Algoritmo	falta de estudar mais, prestar atenção, pegar aulas extras, dedicar mais	1 a 2	Sim	sim	fazer curso superior	por possibilidades melhores	ter um currículo melhor	a família e Deus
A05										
A06	particular	Algoritmo e Geografia	difíceis e acúmulo de explicações em uma aula	1 a 2	Sim	sim		pelos professores terem ótima formação	foi obrigatório	a família

A07	púb/par	Matemática	dificuldade em cálculos	1 a 2	n/r	sim	ter um futuro melhor	por ter bons profissionais	por ser bom	Estudos
A08	pública	Matemática e Geografia	em Matemática são os cálculos e em Geografia é o entendimento	1 a 2	Sim	sim	quer formar e conhecimento é a base de tudo	o ensino é muito bom	conhecimento que é importante e é uma área muito usada atualmente	estudo e a família
A09	pública			1 a 2	Sim	sim				
A10	pública	Química, Matemática e Inglês	falta de atenção ou porque as matérias estão mais puxadas	1 a 2	Sim	sim	poder ajudar os avós pelo fato deles não terem tido esse direito	mãe, pois a escola foi bem falada para ela		família como base da vida e os estudos
A11	pública	Matemática, História e Algoritmo	não gostar destas matérias	1 a 2	Sim	sim	ter a mente aberta para saber/conhecer mais	de proporcionar um curso juntamente com o Ensino Médio	não escolheu informática	ter boa convivência com as pessoas
A12	púb/par	Matemática, Geografia e Algoritmo	da maneira de como os professores explicam	1 a 2	Sim	sim	ter a mente aberta para sempre saber mais	proporcionar um curso com o Ensino Médio	único curso que tinha e resolveu cursar	vida ter boa convivência com as pessoas e saber amar
A13	pública	Matemática	muitas vezes não consegue aprender a teoria e fica complicado na hora de realizar os cálculos	n/r	Sim	sim	enorme oportunidade para eu ser alguém futuramente, formar	teria um ensino muito melhor	porque iria adquirir um conhecimento muito bom e ajuda no mercado de trabalho	família e os estudos importante na vida

A14	púb/par	Matemática	falta de dinâmica nas aulas, pois é algo que não chama a atenção e a base do Ensino Fundamental deixou muitas falhas	1 a 2	Sim	sim	sem conhecimento ninguém vai a lugar nenhum	qualidade do ensino	cobranças do mercado de trabalho	Família
A15	pública	Geografia e Biologia	não consegue decorar (aprender) os nomes das coisas	1 a 2	Sim	sim	conhecimento é muito bom, até mesmo para ter uma vida e um trabalho melhor	por ser integrado	Escolheu o curso porque para todo tipo de formação e para conseguir trabalho tem que ter o curso	Deus e Jesus Cristo
A16	particular	Matemática, História e Física	é não entender alguns conteúdos	1 a 2	Sim	sim	saber para ter um entendimento maior e no futuro ter um entendimento maior	puxam de verdade para termos um entendimento maior e no futuro crescer	ter uma base maior pois tudo é usado a tecnologia	o saber importante na vida, pois todos acham que sabe muito, mas na verdade estamos apenas tentando conhecer o saber
A17	particular	Matemática, Inglês e Algoritmo		Nenhuma	Sim	sim	de saber mais e mais			ser bem sucedido
A18	pública	História, Filosofia e Sociologia	dificuldade para entender o conteúdo	1 a 2	Sim	sim	ter um trabalho bom e digno no futuro	ensino de qualidade	era a única opção	família e os amigos
A19	pública	Não possui dificuldade em nenhuma matéria		1 a 2	Sim	sim	ter uma boa formação quando terminar o Ensino Médio para fazer um curso superior	melhor ensino	gosta de Informática	buscar sempre saber mais
A20	púb/par	Matemática	professor que pega muito pesado, não explica bem e passa para outra matéria	Nenhuma	Sim	sim	ninguém irá tirar e que ele se emprega	que já estudava com ele	não escolheu este curso e não gosta	Família

A21	púb/par	Matemática, Química, Geografia, História e Biologia	não conseguir prestar atenção na aula e tem dificuldade para estudar em casa	Nenhuma	n/r	sim	ter uma formação boa	melhor ensino e pela preparação para o futuro	era o único disponível para o Ensino Médio	ter uma vida estável, dinheiro para viajar e fazer o que ela quiser
A22	particular	Não tem dificuldade em nenhuma matéria, porém tem alguns problemas às vezes	Os problemas são causados porque às vezes ele deixa de estudar e sai prejudicado	1 a 2	Sim	sim	constrói o futuro por meio dele	oferecer o curso de Informática	gosta da área e pretende fazer curso superior nesta área	construir um bom futuro, a família e os amigos verdadeiros
A23	púb/par	Matemática	não gostar de nada que tem conta	Nenhuma	sim	sim		melhor educação	único que tinha	Família
A24	pública	Matemática, Geografia, Filosofia e Sociologia	matéria ser enjoativa	Nenhuma	sim	sim	ninguém rouba	melhor qualidade	único que tinha	os pais
A25	pública	Geografia e Manutenção de Computadores	conteúdo estar um pouco complicado	1 a 2	sim	sim		considerá-lo como uma das melhores instituições de ensino e isso a ajudará no futuro	a Informática a ajudará em qualquer profissão que ele escolher para exercer	Estudo
A26										
A27	púb/par	Matemática, Geografia e Língua Estrangeira	matéria ser muito difícil	1 a 2	sim	sim	aprender sempre mais para conhecer a plena sabedoria	uma nova escola com alta capacitação dos professores	único integrado ao Ensino Médio	ser o que ele quer ser sempre

## Apêndice 13

**Quadro 3.** Dados socioculturais dos alunos.

	Você tem alguma crença?	Caso sim, qual?	O que você costuma fazer nas horas dedicadas ao lazer?	Você tem costume de viajar?	Caso sim, para onde costuma ir?	Você participa de algum grupo?	Caso sim, qual(is) grupo(s) você frequenta?	Você tem celular?	Você manuseia computador?	Caso sim, para qual finalidade você utiliza o computador?	Você tem internet em casa?	Com que frequência você utiliza computador?	Como você classifica o seu conhecimento de Informática?	Qual(is) meio(s) você utiliza para se manter atualizado acerca dos acontecimentos do mundo contemporâneo?
A01														
A02	não		assistir filmes e séries	não		sim	grupo da igreja	sim	não		sim	às vezes	bom	Internet
A03	sim	crê em Deus e em um mundo melhor	vai à fazenda, toca violão e fica com a família	sim	Natal/RN	sim	igreja, de música e de amigos	sim	sim	para desenvolver trabalhos	sim	às vezes	bom	Jornais
A04	sim	Nossa Senhora e Jesus Cristo	escutar música e andar à cavalo	não		sim	grupo da sala	sim	sim	jogar e acessar a internet	sim	às vezes	bom	Internet
A05														
A06	sim	Católica	descansar, dormir e sair com os amigos	não		não		sim	sim	realizar trabalhos escolares e estudar para informática	sim	frequent.	bom	tv e internet
A07	sim	Católica	usa o celular e sai para distrair	sim	Caldas Novas	sim	grupo da comitiva	sim	sim	pesquisa	sim	às vezes	bom	Tv
A08	sim	Espírita	ir em cavalgadas e relacionar com a área agropecuária	não		não		sim	sim		sim	sempre	bom	Internet
A09	sim			sim		não		sim	sim		sim	frequent.	muito bom	Internet

A10	sim	nunca ir no primeiro dia de aula e montar sempre do mesmo lado do cavalo	divertir, sair com os amigos, viajar com a família ou mesmo ficar com eles em casa	sim	Trindade, Caldas Novas e Itapuranga	sim	grupo da sala, de amigos e da família	sim	sim	fazer trabalho, pesquisas e entrar na internet para jogar	sim	às vezes	bom	jornais, tv, rádio e internet
A11	sim	Espiritismo	sair com os amigos e descansar	não		sim	grupo da escola	sim	sim	fazer trabalhos escolares	sim	às vezes	bom	tv e internet
A12	sim	Evangélica	sair com amigos e família	sim	Caldas Novas, Porto Seguro e Goianésia	sim	grupo da escola e de jovens da igreja	não	sim	trabalhos da escola	não	às vezes	bom	tv e internet
A13	sim	Católica	ficar a toa ou encontrar os amigos	não		não		sim	sim		sim	às vezes	bom	internet
A14	não		jogar tênis, ir ao shopping e ler livros de seu interesse	sim	São Paulo, Bahia e Caldas Novas	não		sim	sim	pesquisas e jogos	sim	sempre	bom	jornais, tv e internet
A15	sim	Evangélica	dormir	sim	Bahia	sim	grupo de jovens da igreja	sim	não		não	às vezes	ruim	internet
A16	sim	Evangélica	passar o tempo com a família	sim	praia, Caldas Novas e Cristalina	sim	participa de um culto somente para jovens	sim	sim	fazer trabalhos	não	às vezes	bom	internet
A17	sim	Católica	mexer no computador e andar de bicicleta	não		sim	grupo no whatsapp	sim	sim	jogar e mexer nas redes sociais	sim	sempre	bom	internet
A18	sim	existe um Deus olhando e cuidando das pessoas	andar à cavalo	não		sim	grupos de truco e de cavalgada	sim	sim	diversão	sim	às vezes	bom	tv e internet

A19	sim	Espírita	Gosta de jogar e sai com os pais	sim	Tocantins e Colmeia	sim	grupo de amigos	sim	sim	informações em geral ou jogar	sim	sempre	bom	internet
A20	sim	Jesus Cristo	ir ara a roça com o pai	Não		sim		sim	sim	para passar o tempo e para trabalho de escola	não	às vezes	bom	whatsapp
A21	sim	Evangélica	ir no shopping, restaurantes, viajar e ir ara a roça	Sim	Caldas Novas, Pirinópolis e Itapirapuã	sim	grupos da igreja e da escola	sim	sim	mexer nas redes sociais e fazer tarefas da escola	sim	sempre	ruim	jornais, tv e internet
A22	sim	Cristianismo	jogar quando tem tempo livre	Não		sim	grupos na igreja Presbiteri A03 e na escola	sim	sim	trabalhos escolares, assistir vídeos e jogar on line	sim	frequent.	bom	internet
A23	sim	Jesus Cristo	sair com a mulherada	Sim	Paraná, Santa Maria, Pontalina e Caldas Novas	sim	grupo do whatsapp	sim	sim	estudar e jogar	sim	sempre	muito bom	tv e internet
A24	sim	Jesus Cristo	viajar	Sim	vários lugares com o pai	sim	grupo da escola	sim	sim	para o curso de Informática	sim	às vezes	bom	whatsapp
A25	não		ficar em casa e não é de sair muito	Não		não		sim	sim	algumas pesquisas escolares e nas redes sociais	sim	às vezes	ruim	tv
A26														
A27	sim	Católica e é devoto do Divino Pai Eterno	viajar, andar à cavalo e festar	Sim	Minas Gerais, Catalão e para o norte do estado	não		sim	sim	entrar nas redes sociais e fazer pesquisas	sim	sempre	bom	jornais, tv e rádio