



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HENRIQUE CESAR ESTEVAN BALLESTERO

**RELAÇÕES COM O SABER E O APRENDIZADO EM FÍSICA
POR MEIO DA AVALIAÇÃO FORMATIVA EM UM CURSO DE
INTRODUÇÃO À MECÂNICA CLÁSSICA**

LONDRINA
2009

HENRIQUE CESAR ESTEVAN BALLESTERO

**RELAÇÕES COM O SABER E O APRENDIZADO EM FÍSICA
POR MEIO DA AVALIAÇÃO FORMATIVA EM UM CURSO DE
INTRODUÇÃO À MECÂNICA CLÁSSICA**

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Sergio de Mello Arruda

LONDRINA – PARANÁ
2009

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B191r Ballester, Henrique Cesar Estevan.

Relações com o saber e o aprendizado em física por meio da avaliação formativa em um curso de introdução à mecânica clássica / Henrique César Estevan Ballester. – Londrina, 2009.
134 f. : il.

Orientador: Sergio de Mello Arruda.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Física – Estudo e ensino – Teses. 2. Estudantes – Avaliação formativa – Teses. 3. Relações com o saber – Teses. I. Arruda, Sergio de Mello. II. Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 53:37.02

HENRIQUE CESAR ESTEVAN BALLESTERO

**RELAÇÕES COM O SABER E O APRENDIZADO EM FÍSICA
POR MEIO DA AVALIAÇÃO FORMATIVA EM UM CURSO DE
INTRODUÇÃO À MECÂNICA CLÁSSICA**

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

COMISSÃO EXAMINADORA

**Prof. Dr. Sergio de Mello Arruda
Universidade Estadual de Londrina**

**Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
Universidade Estadual de Londrina**

**Prof^a. Dr^a. Jesuína Lopes de Almeida
Pacca
Universidade de São Paulo**

Londrina, 06 de Agosto de 2009.

AOS MEUS PAIS.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao amigo e orientador Sergio de Mello Arruda pela contribuição em minha formação ao longo dos últimos anos. Muito obrigado.

Agradeço também ao grupo de pesquisa – do qual faço parte – em especial ao grupo de ‘memoristas’, coordenado pela Marinez, que tanto contribuiu no resgate das idéias discutidas ao longo do tempo que estivemos reunidos.

Ao grupo de alunos participantes do curso de introdução à mecânica clássica, que gentilmente disponibilizaram suas entrevistas e provas para que fossem analisadas neste ensaio. Muito Obrigado.

Ao Ferdinando, pela ajuda com algumas formatações deste trabalho.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para que essa pesquisa fosse concluída. Muito Obrigado.

*“Não se pode ensinar coisa alguma a alguém,
pode-se apenas auxiliá-lo a descobrir por si mesmo”.*
Galileu Galilei

BALLESTERO, Henrique Cesar Estevan. **Relações com o saber e o aprendizado em física por meio da avaliação formativa em um curso de introdução à mecânica clássica**. 2009. 135p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – da Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

RESUMO

Este trabalho, de cunho qualitativo, analisa o envolvimento e a permanência de cinco alunos em um curso introdutório de mecânica clássica, tendo como embasamento teórico, para esse fim, as obras de Bernard Charlot que versam sobre a temática das relações com o saber; as de Thomas Kuhn sobre o aprendizado em Física, bem como referenciais relativos à avaliação formativa. Como resultados, apontamos a formação de uma rede de relações construídas pelos alunos ao longo do curso destacando a importância de uma exposição sistemática do aprendiz a situações exemplares desse ramo científico, bem como, o convívio com pares já fluentes nessa linguagem, a fim de que haja uma significativa contribuição na aquisição desse novo vocabulário, aquisição essa que pode ser ainda mais acentuada se existir, no processo de ensino-aprendizagem, um sistema avaliativo que contribua para a autorregulação do aprendizado dos alunos.

Palavras-chave: Aprendizado em física. Relação com o saber. Avaliação formativa. Produção escrita.

BALLESTERO, Henrique Cesar Estevan. **Relations with the knowledge and learning in physics by means of formative assessment in an introductory course in classical mechanics**. 2009. 135p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – da Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

ABSTRACT

This work, analyzes the involvement of five students in an introductory course in classical mechanics, with the theoretical basis for this purpose, the works of Bernard Charlot that deal with the issue of relations with the know, those of Thomas Kuhn on learning in physics and references about formative evaluation. As a result, we believe that formation of a network of relationships built by students over the course highlighting the importance of a systematic exposition of the apprentice exemplary situations that branch of science, as well, mixing with peers already fluent in that language, so that there is a significant contribution in the acquisition of new vocabulary acquisition that it can be even more pronounced if there is in the process of teaching and learning, an evaluative system that contributes to the autoregulation of student learning.

Key words: Learning Physics. Relationships With The Knowledge. Formative Evaluation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 HISTÓRICO DO PESQUISADOR	11
1.2 HISTÓRICO DA PESQUISA	11
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	13
2.1 RELAÇÃO COM O SABER	13
2.2 AVALIAÇÃO FORMATIVA	18
2.3 APRENDIZADO EM FÍSICA	24
2.4 VÍNCULOS EXISTENTES ENTRE OS REFERENCIAIS UTILIZADOS	26
3 CONTEXTO DA PESQUISA	29
4 METODOLOGIA DE TOMADA DE DADOS	30
5 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	34
6 ANÁLISE DE DADOS	57
6.1 SOBRE A RELAÇÃO COM O SABER	57
6.3 CONTRIBUIÇÕES DA AVALIAÇÃO FORMATIVA	66
6.3 PERSPECTIVA KUHNIANA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DOS ALUNOS 1, 2 E 3	69
6.4 CONFLUÊNCIA ANALÍTICA	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	80
ANEXOS	81
ANEXO A – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 1	81
FORMAÇÃO	81
PROVA 1.1 E 1.2	82
PROVA 2.1	84
PROVA 2.2	86
PROVA 3.1	87
PROVA 3.2	89
ANEXO B – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 2	90
FORMAÇÃO	90
PROVA 1.1	92
PROVA 1.2	95
PROVA 2.1	95
PROVA 2.2	99
PROVA 3.1	101
PROVA 3.2	102
ANEXO C – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 3	103
FORMAÇÃO	103
PROVA 1.1	106

PROVA 1.2	108
PROVA 2.1	109
PROVA 2.2	112
PROVA 3.1	113
PROVA 3.2	114
ANEXO D – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 4	115
FORMAÇÃO.....	115
PROVA 1.1	117
PROVA 1.2	118
PROVA 2.1	118
PROVA 2.2	119
PROVA 3.1	120
PROVA 3.2	121
ANEXO E – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 5	123
FORMAÇÃO.....	123
PROVA 1.1	126
PROVA 1.2	128
PROVA 2.1	128
PROVA 2.2	130
PROVA 3.1	131
PROVA 3.2	132
ANEXO F – EXERCÍCIOS CONTIDOS NAS AVALIAÇÕES EM TODOS OS MÓDULOS DO CURSO.....	133

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física é certamente uma atividade tão antiga como a própria Física, mas o Ensino de Física, grafado assim, com iniciais maiúsculas, é uma área de pesquisa em educação relativamente recente.

Talvez pudéssemos situar seu início em meados do século XIX quando surgiram os primeiros livros didáticos de física, mas não se pode afirmar que esses textos tinham tido alguma fundamentação teórico-pedagógica consciente, o que a rigor só ocorreria um século depois.

Estamos completando, portanto, pouco mais de meio século na busca de uma forma eficiente de transpor para a sala de aula o conhecimento construído pela física. É pouco tempo, sem dúvida, e apesar dessa eficiência ainda não ter sido alcançada, há um saldo positivo, sobretudo em relação à produção de material. Nesse curto período de tempo surgiram textos de notável qualidade e formou-se um grande acervo de conjuntos experimentais eficientes e acessíveis, fruto de exaustiva reflexão e pesquisa.

A proposta para uma transposição eficaz do conteúdo científico vem desafiando atores de várias esferas que envolvem o ensino, sejam pesquisadores, professores, pesquisadores-professores e vice-versa. No entanto, esse campo mostra-se suficientemente rico em possibilidades de abordagens, ainda que muito tenha sido pensado, debatido e publicado em livros, bem como, em periódicos da área.

O fato é que a inquietude, oriunda da busca por respostas, nos move cada vez mais adiante, em um processo dinâmico e incessante. Talvez essa seja uma tendência de nós, Físicos, que, a todo momento, buscamos uma melhor compreensão daquilo que estudamos e admiramos.

1.1 HISTÓRICO DO PESQUISADOR

Como professores, sempre buscamos a melhoria de nossas práticas docentes, seja refletindo sobre a ação em sala ou nos capacitando por meio de cursos de aprimoramento, fato que pode nos levar à pesquisa.

Ao ingressar no programa de mestrado em ensino de ciências e educação matemática desta universidade, meu orientador sugeriu a mim que acompanhasse um curso de introdução à mecânica, ofertado pelo programa, a fim de que investigássemos o aprendizado dos alunos que viriam a frequentá-lo – e assim foi feito. O primeiro semestre do ano de 2007 foi trabalhoso: a coleta de dados foi feita de maneira constante, sempre em vídeo – cada aula ministrada; resoluções de problemas em grupo e entrevistas sobre as resoluções das provas com aqueles alunos. Com isso, formamos uma coletânea de nada mais, nada menos, do que dez DVDs.

1.2 HISTÓRICO DA PESQUISA

Logo no início das reflexões elaboradas a partir dos dados obtidos, tivemos algumas idéias sobre o aprendizado da Física, mais especificamente sobre a linguagem envolvida nesse processo de aquisição do conhecimento. No entanto, devido à riqueza dos dados obtidos, procuramos uma porta de entrada – uma forma de imersão – nesses dados, no sentido de explorá-los em sua plenitude. Dessa forma, optamos pela temática da *relação com o saber*¹, no intuito de obter informações relevantes a respeito de como, e por que, os alunos envolvidos no curso se mantiveram engajados no âmbito da disciplina durante aquele semestre letivo.

Nossa hipótese, a priori, seria de que alguns fatores individuais tivessem contribuído de maneira decisiva para que os alunos lograssem êxito ao final do curso. No entanto, como poderá ser visto ao longo deste ensaio, não foram

¹ Discorreremos em detalhes sobre essa temática no capítulo concernente aos referenciais teóricos.

só as idiosincrasias pessoais que efetivamente contribuíram para isso. Apontaremos para uma rede de *móviles* (CHARLOT, 2000), ou *motivos*² (LEONTEV, 1978), que fizeram com que os indivíduos entrassem em atividade ao longo do curso, bem como, assinalaremos que as relações estabelecidas entre os alunos e a maneira com que o processo avaliativo foi conduzido também contribuiu para que os alunos atingissem, ao final do curso, suas *metas*.

² Para ambos, o leitor poderá encontrar maiores informações no capítulo referente aos referenciais teóricos.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 RELAÇÃO COM O SABER

No ensino de física e na educação em geral, os professores, ao longo da vida profissional, sempre levantam uma pergunta crucial: “Será que os alunos aprenderam o conteúdo que eu lecionei?” Essa questão, que cuja resposta não é nem um pouco trivial, em geral é deixada de lado, tomando-se, na prática, a nota como o indicador básico da aprendizagem.

Atualmente, tem-se observado uma multiplicidade de abordagens teórico-metodológicas na área de Ensino em Ciências, no que se refere ao entendimento do processo de aprendizagem de alunos em sala de aula. Consultando artigos publicados em periódicos da área, vemos que existe uma tendência, entre alguns pesquisadores, de utilizar referenciais teóricos que apontam para uma análise da aprendizagem sob o ponto de vista subjetivo, uma vez que as abordagens cognitivistas têm-se mostrado, de certa forma, esgotadas. Na medida em que buscam inspiração em outras áreas do conhecimento, como a Psicologia, a Sociologia, a Filosofia da Linguagem e a Psicanálise, essas pesquisas tentam aumentar nossa capacidade explicativa e interpretativa dos processos de ensinar e aprender, bem como, alargar a compreensão da prática do magistério nos diferentes níveis de ensino.

Para Charlot, o sujeito, quando nasce, ingressa em um mundo no qual é obrigado a aprender, fato que segundo ele “ninguém pode escapar” pois “o sujeito só pode tornar-se apropriando-se do mundo” (CHARLOT, 2000, p. 59). Nesse processo, o homem, enquanto “sujeito de saber”³, entra em um certo tipo de “relação com o mundo”, o que o leva a adquirir um saber⁴. Todavia, merece destaque o fato que “não há saber senão para um sujeito engajado em uma certa relação com o

³ Segundo Charlot, pode ser definido como um sujeito em busca do saber.

⁴ O termo está empregado aqui como uma informação de que o sujeito se apropria (conhecimento), que pode “entrar na ordem do objeto e tornar-se um produto comunicável para outrem”. Assim existiriam “formas específicas de saber: o prático, teórico, processual, científico, profissional, operatório, etc”. Todavia, Charlot ressalta que todos “são formas específicas de relação com o mundo” (CHARLOT, 2000, p. 61-62).

saber” (CHARLOT, 2000, p. 60-61). Dessa forma, Charlot introduz uma maneira de tratar o saber que, resumidamente, pode ser entendida da seguinte forma:

Não há sujeito de saber e não há saber senão em uma certa relação com o mundo, que vem a ser, ao mesmo tempo e por isso mesmo uma relação com o saber. Essa relação com o mundo é também relação consigo mesmo e com os outros. Implica uma forma de atividade e, acrescentarei, uma relação com a linguagem e uma relação com o tempo [...] o saber é construído em uma história coletiva [...] produto de relações epistemológicas entre homens [...] assim sendo, as relações de saber são, mais amplamente relações sociais [...] em outras palavras, um saber só tem sentido e valor por referência às relações que supõe e produz com o mundo, consigo, com os outros. (CHARLOT, 2000, p. 63-64).

O autor vai ainda mais adiante em sua definição de relação com o saber. Em suas palavras:

Toda relação com o saber, enquanto relação de um sujeito com seu mundo, é relação com o mundo e com uma forma de apropriação do mundo: toda relação com o saber apresenta uma relação epistêmica. Mas qualquer relação com o saber comporta também uma dimensão de identidade: aprender faz sentido e referência à história do sujeito, às suas expectativas, às suas referências, à sua concepção de vida, às suas relações com os outros, à imagem que tem de si e à que quer de si aos outros [...] esse outro é aquele que me ajuda a aprender matemática [...] aquele que eu admiro ou detesto (CHARLOT, 2000, p. 72).

Assim, podemos exemplificar as relações que o sujeito estabelece com o saber, parafraseando Charlot, da seguinte forma: um sujeito, quando aprende um teorema, ele se apropria de um saber – o que lhe estabelece uma relação com o mundo – entretanto, o sujeito pode se sentir inteligente – fato que lhe confere uma relação consigo mesmo – porém, ao possuir esse saber, a pessoa fará parte de uma comunidade da qual alguns (e não todos) fazem parte – isso lhe confere uma relação com o outro.

Charlot ainda destaca que:

O conceito de relação com o saber implica o de desejo: não há relação com o saber senão a de um sujeito; e só há sujeito ‘desejante’. Cuidado, porém, esse desejo é desejo do outro, desejo do mundo, desejo de si próprio; e o desejo de saber (ou de aprender) não é senão uma de suas formas, que advém quando o sujeito experimentou o prazer de aprender e saber. (CHARLOT, 2000, p. 81).

Nesse ponto podemos explorar um conceito importante na obra de Charlot, que nos leva a uma melhor compreensão do processo de busca pelo saber, designado por ele como *mobilização* (CHARLOT, 2000, p. 54). O conceito de

mobilização está relacionado ao movimento, não no sentido estrito do termo, mas no sentido de que um sujeito, quando possui uma “boa razão” para fazer algo, ele irá fazê-lo, mobilizando recursos – inclusive ele próprio, enquanto sujeito, como parte desses recursos – para atingir uma “meta”. Fica evidente, em sua obra, a distinção entre o conceito há pouco referido e um outro conceito, designado por *motivação*. A motivação possui um caráter extrínseco, diferentemente da mobilização, que precisa ter elementos subjetivos, portanto internos, próprios do sujeito que está a entrar em algum tipo de atividade. Charlot descreve, por meio de uma metáfora, no que consistiria o processo da mobilização. Em suas palavras: “[...] a mobilização não é a guerra... [...] mas indica a proximidade da entrada na guerra” (CHARLOT, 2000, p. 55). Dessa forma, pode-se dizer que o processo de mobilização, ou ainda, a ideia de mobilizar-se, envolve, sobretudo, a entrada em movimento.

Como o sujeito pode entrar em movimento ou engajar-se numa ação? Nesse ponto, Charlot remete-se ao conceito de *móbil*, dizendo que “mobilizar-se, porém, é engajar-se em uma atividade originada por móveis”. Móbil pode ser entendido como uma “razão de agir”, isso é, em última análise, o que origina a mobilização. Deve-se destacar que os conceitos “meta” e “móbil” não são sinônimos. “A meta é o resultado que ações permitem alcançar” (CHARLOT, 2000, p. 55) e as ações são tomadas durante a execução da atividade, ou ainda, “são operações implementadas durante a atividade”. Já a atividade pode ser entendida como um conjunto de ações impulsionadas por um móbil, ou móveis, que visam o alcance de uma meta.

Podemos encontrar uma explanação mais aprofundada sobre os conceitos abordados na obra de Charlot, explorando os escritos de outro autor: Aleksei N. Leontev.

Em Leontev encontramos destaque para alguns fatores relativos à formação da personalidade humana em processos cognitivos, ao longo da vida do ser, na execução de atividades. Entre esses conceitos, encontramos um que nos desperta particular atenção, a saber, o *motivo*. Para ele, “impulsos instintivos, inclinações biológicas, interesses e desejos” podem ser chamados de motivos. O autor também destaca que em uma análise psicológica da personalidade se faz necessária a consideração de questões relativas às “relações entre motivos e necessidades” (LEONTEV, 1978, p. 138).

Como “necessidade”⁵, podemos entender tudo aquilo que, de certa forma, é uma “necessidade real”, “necessidade de alguma coisa” (LEONTEV, 1978, p. 138).

As necessidades são mediadas pela “reflexão psíquica” do indivíduo, sendo, assim, “reflexões sensoriais”, resultantes de “ações e estímulos internos” do sujeito (LEONTEV, 1978, p. 138).

De acordo com Leontev, a “necessidade só adquire objetividade” despertando a atividade e orientando o sujeito, quando esse conhece aquilo que lhe proporciona satisfação, que, em última instância, é chamado pelo autor de *objeto*. Assim, o objeto torna-se o motivo da atividade do indivíduo (LEONTEV, 1978, p. 138).

Como uma “força interna”, o autor destaca que as necessidades só podem ser “satisfeitas com a atividade”. As necessidades são “pré-requisitos” para a atividade e, além disso, têm seu “próprio desenvolvimento”, sendo possível concretizá-las em um vasto conjunto de objetos (LEONTEV, 1978, p. 138-139). O desenvolvimento das necessidades humanas começa com o agir do sujeito para satisfazer suas “necessidades vitais” – biológicas – entretanto, ao longo da vida, o homem passa a satisfazer suas necessidades vitais a fim de agir (LEONTEV, 1978, p. 144).

Como já foi mencionado, as necessidades carregam em si um “conteúdo concreto-objetivo”, que ao mudar, faz com que os métodos de sua satisfação também mudem (LEONTEV, 1978, p. 140). Segundo o autor, “necessidades são determinantes da atividade concreta”, aparecendo somente quando o conteúdo-objetivo está incorporado nessa atividade (LEONTEV, 1978, p. 142). Outro fator importante destacado em sua obra é que existem tipos especiais de necessidades que são as “necessidades objetivas funcionais” tais como a “necessidade de trabalhar, de criação artística, etc.” (LEONTEV, 1978, p. 143).

Leontev salienta que a atividade geralmente responde a dois ou mais motivos, pois a ação humana, de maneira objetiva, está “sempre conectada a relacionamentos: em direção à sociedade, em direção a si mesmo”. Além disso, alguns motivos – além de induzir o indivíduo à atividade, também dão a ela “um sentido pessoal”, o que resulta em uma categoria, chamada pelo autor de “formação

⁵ Para o autor, existem dois tipos de necessidades: as biológicas – vitais à sobrevivência do ser – e sociais, resultantes de estímulos internos (LEONTEV, 1978, p. 142).

de motivos” (LEONTEV, 1978, p. 150). Merece destaque o fato de que necessidades podem ser criadas por meio de “produções mentais” e, além disso, elas só podem existir “na presença de um plano de fundo consciente” ou “num plano de consciência” (LEONTEV, 1978, p. 143).

Para o autor, “experiências subjetivas” como “desejos, anseios etc”, não constituem em si motivos, pois “eles não são capazes de gerar atividade dirigida”. Entretanto, Leontev destaca que a teoria dos motivos possui “concepções Hedonísticas⁶”, sendo a atividade do indivíduo subordinada ao princípio da “maximização das emoções positivas e minimização das negativas”. Emoções essas que emergem como resultado da atividade, do movimento do sujeito, “refletindo relações entre motivos” (LEONTEV, 1978, p. 144-146).

Em determinada atividade o sujeito nem sempre sabe qual motivo o leva a executá-la, o que resulta em uma concepção de motivos inconscientes. Leontev cita que mesmo quando o sujeito não conhece o motivo que o levou a ação, ele ainda o encontra na forma de “reflexão psíquica” sob um “colorido emocional”. O autor diferencia os conceitos “colorido emocional” e “emoção”. De acordo com o que é citado, “o colorido emocional é uma marca”, que possui sentido no âmbito pessoal (LEONTEV, 1978, p. 149-150).

Motivos e metas são conceitos que divergem quando se analisa a atividade humana. A aquisição de uma meta, segundo Leontev, pode se dar por “forças estimulantes”, ou ainda, como resultado do reconhecimento – por parte do indivíduo – de seus motivos⁷, o que os transforma em “motivo-metas” (LEONTEV, 1978, p.149). Outro tipo de motivo citado em sua obra são os “motivos-estímulo”. Nessa classe de motivos encontramos aqueles que “não têm função de formação de motivos”, mas cumprem um papel de “fatores estimulantes, fortemente emocionais e afetivos”. De acordo com o autor, a divisão entre motivos faz com que “seja possível compreender as relações, caracterizando a esfera da personalidade: o relacionamento da hierarquia dos motivos”. No entanto, “não é possível dizer se um motivo está mais acima ou mais abaixo nessa escala”, uma vez que, as relações

⁶ cada uma das doutrinas que concordam na determinação do prazer como o bem supremo, finalidade e fundamento da vida moral, embora se afastem no momento de explicitar o conteúdo e as características da plena fruição, assim como os meios para obtê-la (HOUAISS, 2001)

⁷ De maneira subjetiva, “motivos aparecem em sua expressão obliqua, sob a forma de experimentação de anseios ou esforços em direção a uma meta” (LEONTEV, 1978, p. 153).

hierárquicas “dependem das ligações que a atividade do sujeito traz”, portanto, são relativas. (LEONTEV, 1978, p. 151).

Essa relativização leva a uma “correlação entre o senso de formação de motivos e motivos-estímulo”, todavia, o autor cita que “o senso de formação de motivos sempre ocupará um lugar superior hierárquico, mesmo que não governe diretamente a afetogênese” (LEONTEV, 1978, p. 152).

Como evidenciar algo tão subjetivo e intrínseco ao ser como um motivo? A resposta para essa pergunta parece ser respondida quando o autor diz que: em crianças que mostram o desejo de ir à escola, mesmo que ela demonstre motivações familiares para tal feito, ainda assim, reside subjacente a isso um motivo. Só é possível explicar esse motivo “quando analisamos jogos de criança”, de modo que no jogo “é fácil ver o senso pessoal nas ações e, correspondentemente, seus motivos” (LEONTEV, 1978, p. 153).

2.2 AVALIAÇÃO FORMATIVA

Ainda hoje, na primeira década do século XXI, pode-se observar que em diversas instituições de ensino imperam processos de avaliação concebidos como instrumentos para medir o quanto o aluno memorizou dos conteúdos contemplados na grade curricular. Esse procedimento não é diferente do que já foi, no século passado, utilizado como forma de punição ao educando, que era concebido como uma tábula rasa. Nessa linha de pensamento, fica evidente que os professores não se preocupam em verificar se seus alunos apreenderam, de maneira efetiva, um suposto conteúdo, uma vez que, o que se faz é atribuir notas e estratificar uma classe de alunos, na qual, o medo da reprovação é o quesito motivacional que mais se destaca no desenvolvimento da dinâmica do processo de ensino.

De acordo com a concepção de Novak sobre a teoria da *aprendizagem significativa*, proposta inicialmente por Ausubel, “a educação é um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras que contribuem para engrandecimento (*empowerment*) para lidar com a vida diária” (NOVAK, 1981 apud MOREIRA, 1999, p.167).

Compartilhamos da concepção de Novak sobre a educação e, para nós, o processo de aprendizagem é o caminho que leva os estudantes, através do tempo, estudando uma certa área do conhecimento, a engrandecerem-se, ao final de cada ciclo, se comparados ao que eram em relação ao início do mesmo.

Sob nosso ponto de vista, isso pode ser alcançado, fundamentalmente, se o aprendiz conseguir assimilar, de maneira profícua e satisfatória, leis e suas generalizações, uma vez que elas fornecerão idéias básicas que permitirão ao discente encarar novos problemas encontrados na rota da “ciência normal” (KHUN, 2006). Essa introspecção trará ao estudante a possibilidade de, não só apreciar um conhecimento historicamente acumulado, produzido pela mente humana, mas de lidar com o mundo de uma forma mais completa e proveitosa.

Uma possibilidade que vem de encontro ao sistema tradicional de avaliação, dentre as múltiplas possibilidades existentes para o aprendizado, é o uso da avaliação formativa, que vem sendo defendida como um instrumento viável para a aprendizagem.

Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 271), consideram três tipos de avaliação: diagnóstica, formativa e somativa ou classificatória. O tipo diagnóstico de avaliação consiste na sondagem, projeção e retrospectiva das situações dos desenvolvimentos do aluno, permitindo constatar as causas de repetidas dificuldades de aprendizagem. Quando os objetivos não são atingidos, é necessário retomar o processo e elaborar novas estratégias para que se efetue a construção do conhecimento. Já a modalidade formativa, informa ao professor e ao aluno, sobre os resultados da aprendizagem no desenvolvimento das atividades escolares, determinando o quanto o aluno domina do que foi ensinado. E, por fim, a somativa, que tem como função classificar os educandos ao final da unidade, segundo níveis de aproveitamento apresentados, não apenas com os objetivos individuais, mas também pelo grupo como um todo (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, 1971, p. 67). Vale destacar que, como os autores preconizam, nada impede que o professor extraia uma avaliação somativa de uma formativa, ou seja, o docente pode atribuir notas, classificando seus alunos ao final de uma etapa do curso, utilizando, para isso, as avaliações formativas que serviram de base para a condução da aprendizagem de seus educandos ao longo do tempo (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, 1971, p. 68).

Tomando por base as idéias defendidas por Ruiz (2000), observamos que a avaliação possui, como característica primordial, o aperfeiçoamento do processo educacional (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, 1971). Nesse sentido, um tipo de avaliação que pode auxiliar o professor no decorrer de sua prática docente e o aluno, em seu processo de aprendizagem, é a formativa. Como afirma Rotger (1990 apud RUIZ, 2000), “[...] a avaliação formativa tem um caráter iminente processual e é orientadora”, o que faz dela uma “modalidade dinâmica” já que “marcha paralelamente com os objetivos e propósitos que pautam a instrução”. Complementando as ideias de Rotger, destacamos os posicionamentos de Perrenoud (1999) e Hadji (2001). O primeiro destaca que avaliação formativa é “toda avaliação que ajuda o aluno a aprender e a se desenvolver, que participa da regulação⁸ das aprendizagens e do desenvolvimento no sentido de um projeto educativo”. (PERRENOUD, 1999, p. 78)

Já o segundo, preconiza que a avaliação formativa

[...] não é um modelo científico, nem um modelo de ação diretamente operatório. Não é mais do que uma utopia promissora, capaz de orientar o trabalho dos professores no sentido de uma prática avaliativa colocada, tanto quanto possível, a serviço das aprendizagens (HADJI, 2001, p. 25).

Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 19, 70) destacam que a avaliação formativa, desde que utilizada adequadamente, pode servir como referência para decisões de procedimentos a serem tomados pelo professor durante o processo de instrução, pois trata-se de uma “avaliação que ocorre durante a formação de aprendizagem”. Outro ponto destacado pelos autores é que esse tipo de avaliação “regula a aprendizagem dos alunos”, motivando-os a empregar o esforço necessário no momento adequado. A esse ponto, destacamos o respaldo encontrado às idéias apregoadas por Bloom et al., em Perrenoud (1999). O autor destaca que “nenhuma intervenção externa age se não for percebida, interpretada e assimilada pelo sujeito”. Nesse sentido, a “ação educativa” poderia estimular o que ele chama de “autorregulação”, fato que, segundo Perrenoud (1999, p.96), reforçaria as capacidades do sujeito de gerir, ele próprio seus projetos, seus progressos, suas

⁸ O termo regulação aparece com frequência na literatura francesa. Perrenoud define regulação dos processos de aprendizagem, em um sentido amplo como o “conjunto das operações metacognitivas do sujeito e suas interações com o meio que modificam seus processos de aprendizagem no sentido de um objetivo definido de domínio”. Numa variante mais simples seria a manutenção de um estado estável. Para esse autor falar de regulação no processo de aprendizagem guarda um sentido metafórico. (PERRENOUD, 1999, p. 90)

estratégias, diante das tarefas e obstáculos”. Em Santos (2002, p. 1) podemos encontrar uma complementação da ideia de autorregulação preconizada por Perrenoud. A autora destaca que esse processo é um “ato intencional que, agindo sobre os mecanismos de aprendizagem, contribua diretamente para a progressão e/ou redirecionamento dessa aprendizagem”.

Segundo Ruiz (2000), esse tipo de avaliação pode ser aplicada em qualquer momento da aula, mediante diferentes estratégias, tais como: “provas de rendimento, dinâmicas de grupos, debates, fóruns, jogos, simulações e resoluções de situações problema, etc.” Todavia, Ruiz destaca ainda que a “avaliação formativa requer um fluxo contínuo de informação em relação a cada aluno”, dessa maneira, “é possível ter consciência sobre as falhas do processo de ensino-aprendizagem”, que porventura venham a acontecer.

Se o objetivo principal é diagnosticar e orientar o processo de aprendizagem, é necessário que o professor organize o curso a ser trabalhado em “unidades de aprendizagem” (BLOOM; HASTINGS; MADDAUS, 1971, p.19, 130). Essas unidades abrangem a aprendizagem durante um período de tempo relativamente curto, entretanto, isso pode se dar de maneira arbitrária. O ideal é que essas unidades sejam estabelecidas “pelos cortes naturais da matéria ou pelo conteúdo que componha um todo significativo”.

Ainda que uma das premissas desse método avaliativo seja de individualizar os tratamentos destinados aos sujeitos presentes em uma sala de aula⁹, a avaliação formativa também se mostra como um instrumento socializador, já que, segundo Ruiz (2000), existem algumas premissas a serem atendidas em relação ao ambiente da sala de aula. Em suas palavras:

[...] A necessidade de organizar os alunos em grupos corretores, registradores, niveladores, é uma das funções mais interessantes da avaliação formativa já que se faz necessário um clima de afetividade, de relações amplas e sãs, de competência leal a fim de que a classe se converta em um centro harmonioso de trabalho criativo e eficaz.

Segundo Rotger, a interação social dos indivíduos em sala de aula, “relação consigo mesmo e seus companheiros”, constitui um dos fundamentos – em

⁹ “[...] A avaliação formativa tem um caráter eminentemente individualizante, é necessário estabelecer estratégias de acordo com a idiosincrasia do aluno (RUIZ, 2000).”

suas palavras, “conteúdos básicos”¹⁰ (ROTGER, 1990 apud RUIZ, 2000) – da avaliação formativa. Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 18) resumem a asserção posta acima propondo que no processo de instrução existe uma “interação entre o aprendiz ou aprendizes, o material – ou os problemas – e o professor”, fato que pode ser entendido como o “âmago do processo de instrução”.

Por meio dessa dinâmica, o docente pode tomar ciência das falhas e logros de seus alunos durante o processo de ensino e aprendizagem, elaborando, com esses dados, um “diagnóstico básico da situação” (ROTGER, 1990 apud RUIZ, 2000).

Tendo conhecimento da situação em que se encontram seus alunos, o docente pode cadenciar a sua maneira as atividades avaliativas, o que redundará em um “maior rendimento” de seus aprendizes, pois “cada aluno saberá a que voltar sua atenção e tomará decisões mais acertadas e operativas” (RUIZ, 2000). Vindo ao encontro do que preconiza Ruiz, Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 60) citam que “para o estudante que tenha atingido um domínio completo da unidade” a avaliação formativa reforçará sua aprendizagem e assegurará que o estilo adotado por ele está adequado. E, para o aluno que não mostrou domínio em certa unidade, “a avaliação revela os pontos específicos de dificuldade” de aprendizagem apresentados.

Ruiz (2000) destaca que a avaliação formativa possui “funções acadêmicas” e “administrativas”. Como exemplos de função acadêmica, podemos citar que:

Distribui e regula adequadamente o ritmo da aprendizagem; enfatiza os objetivos e conteúdos mais relevantes; detecta as deficiências, erros, acertos e falhas que os estudantes apresentam em suas aprendizagens; delimita os fatores causais diretos e indiretos que influem ou condicionam a aprendizagem do estudante; mantém um constante seguimento sobre os procedimentos e instrumentos de avaliação formativa e sobre as correções implementadas a fim de verificar sua eficiência na detecção e superação das falhas; fornece oportunidades de maior êxito a aqueles participantes que têm entrado no processo de ensino e aprendizagem com um nível de conhecimentos superiores ao restante do grupo.

Outro aspecto da avaliação formativa é que, segundo Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 68), ela fornece respostas quanto à habilidade do educando em “transformar problemas formulados verbalmente” em números. Dificuldades nesse

¹⁰ Os outros dois “conteúdos básicos”, segundo Rotger seriam: o desenvolvimento de atitudes, bem como de conhecimentos específicos da área em questão.

sentido podem decorrer, segundo os autores, de uma inadequação “ao nível de vocabulário” ou da incapacidade de “demonstrar formulações aritméticas”.

2.3 APRENDIZADO EM FÍSICA

De acordo com a concepção de Novak a respeito da teoria da aprendizagem significativa, o ato de aprender implica em um “compartilhamento de significados” entre o aprendiz e uma comunidade – científica, por exemplo – em certo contexto social (NOVAK, 1981 apud MOREIRA, 1999, p.169). Entendemos que quando se trata do processo de aprendizagem da ciência Física, o estudante passa por uma imersão em um contexto científico, o qual é regido por regras próprias e, sobretudo, por uma forma característica de comunicação, de linguagem, que determina a participação daqueles que a praticam, que convivem nessa comunidade científica. Encontramos nas obras de Thomas Samuel Kuhn amparo e respaldo no sentido de melhor entender o mecanismo de aprendizagem em ciências, sobretudo, em Física.

Em sua concepção, os praticantes de uma ciência – *ciência normal*¹¹ - partilham um *paradigma*¹².

Dentro desse contexto, um estudante que se propõem a aprender Física, por exemplo, necessita estar em comunhão com aqueles que já participam dessa ciência, partilhando dessa matriz disciplinar. Kuhn cita que um aprendiz proposto a fazer parte de tal grupo “deve ter adquirido um vocabulário matemático rico o bastante para permitir a descrição quantitativa de trajetórias e a análise de velocidades e acelerações de corpos que se movam” (KUHN, 2000, p. 11). O intuito dessa prerrogativa deve-se ao fato de que o principiante necessitará dominar e aplicar corretamente o uso das “generalizações simbólicas” que, geralmente, funcionam como “expressões¹³ num sistema matemático puro” (KUHN, 1977, p. 358, 360).

De acordo com o autor essa inserção torna-se possível mediante a exposição do principiante a *exemplares*. Kuhn preconiza que a preparação de um

¹¹ “Pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas” (KUHN, 2006, p. 29)

¹² Trata-se da “matriz disciplinar” que estrutura um ramo científico. Em sua obra, o autor cita “três elementos centrais para as operações cognitivas de certo grupo”, a saber: “generalizações simbólicas, modelos e exemplares”. As generalizações simbólicas são “expressões” ou “componentes formais” que podem se transformar em “qualquer forma lógica (x), (y), (z), $\phi(x, y, z)$ ”. Os modelos fornecem ao grupo “as analogias preferidas”. Os exemplares são “soluções de problemas concretos”, aceitos pelo grupo como “paradigmas”. (KHUN, 1977, p. 358).

¹³ Como exemplo podemos citar a segunda lei de Newton: $F = ma$

aprendiz com o intuito de ser um membro de uma comunidade científica se dá pelo estudo dos *paradigmas*, pois pessoas que trabalham com paradigmas partilhados “estão comprometidas com as mesmas regras e padrões para a prática científica” (KUHN, 1977, p. 30).

Nesse processo, os exemplares possuem um papel de suma importância, uma vez que, mediante suas resoluções, um estudante passará a ter uma interação de maior intensidade com as “regras” e “teorias” nas quais estão baseados os conhecimentos científicos (KUHN, 1977, p. 235).

Como exemplo do que foi citado, encontramos a explanação do autor sobre o aprendizado da Física Newtoniana. Para ele, definições de termos como massa, força e peso são desprezíveis, já que tais elementos devem ser estipulados imersos em situações de seu uso. Em suas palavras:

[...] termos são ensinados pela exibição, direta ou através de descrição, de situações para as quais eles são aplicados. A aprendizagem que resulta de tal processo não é, porém, sobre palavras soltas, mas igualmente sobre o mundo no qual elas funcionam. (KUHN, 2000, p. 12).

Dessa maneira, devemos encarar termos como massa, força, peso etc, como um conjunto inter-relacionado ou interdefinido que deve ser adquirido conjuntamente, antes até de que qualquer um deles possa ser usado e aplicado a fenômenos naturais. Sobre isso, o autor destaca que

[...] termos como ‘massa’ e ‘força’ precisam ser adquiridos em conjunto, e a segunda lei de Newton tem de desempenhar um papel em sua aquisição. Isto é, não se pode aprender ‘massa’ e ‘força’ de maneira independente e depois descobrir, empiricamente, que força é igual a massa vezes aceleração [...] todos os três têm de ser aprendidos em conjunto [...] (KUHN, 2006, p. 60).

Kuhn ainda cita que “a exposição a uma única situação exemplar raramente ou nunca provê informação suficiente para permitir que o estudante use um novo termo” (KUHN, 2000, p. 12).

De acordo com o que citamos acima, o ato de aprender corresponde a identificar e manejar símbolos imersos em leis expressas por “generalizações simbólicas” (KUHN, 1970, p. 29) que, é claro, possuem relação com a natureza. A respeito disso, Kuhn cita que:

Vários exemplos, de tipos variados são necessários, freqüentemente acompanhados de exemplos de situações aparentemente semelhantes para que os termos em questão sejam aplicados. Os termos a serem

apreendidos, além disso, raramente são aplicados a estas situações isoladas, mas são, ao invés disso, embutidos em orações inteiras ou declarações que normalmente são chamadas por alguns de leis da natureza. (KUHN, 2000, p. 12).

Sob seu ponto de vista, a exposição dos estudantes a exemplares fornece um modelo, uma maneira por meio de exemplos de como se deve trabalhar em um ramo científico. À medida que o estudante se desenvolve, resolvendo mais e mais exemplares, sua destreza na resolução de problemas vai aumentando e, de maneira concomitante, as leis da natureza, sob a forma de *generalizações simbólicas*, passam a fazer sentido ao aprendiz, uma vez que, segundo o autor, “sem os exemplares as leis e teorias teriam pouco conteúdo empírico” (KUHN, 1970, p. 235).

À medida que seu treino progride, as generalizações simbólicas são cada vez mais exemplificadas por meio de diferentes exemplares. Segundo Kuhn, o estudante aprende a “ver esses problemas como um que já encontrou” ao longo de sua aprendizagem (KUHN, 1977, p. 367). Sobre isso o autor afirma que:

O estudante descobre, com ou sem a ajuda de seu instrutor, um modo para enxergar seu problema como um problema que ele já encontrou. Tendo em vista a semelhança, ele faz a analogia entre dois ou mais problemas distintos, podendo relacionar símbolos e podendo os “amarrar” a natureza de modo que ele próprio provou ser efetivo antes... A habilidade que resulta – é, eu penso que seja – a coisa principal que um estudante adquire fazendo problemas exemplares, seja com lápis e papel ou em um laboratório (KUHN, 1970a apud ANDERSEN, 2000, p. 96).

2.4 VÍNCULOS EXISTENTES ENTRE OS REFERENCIAS UTILIZADOS

Na medida em que utilizamos balizamentos teóricos tão diversos, julgamos necessária a feitura de uma aproximação entre eles, a fim de que o leitor possa ter maior clareza daquilo que nos propomos a analisar durante este ensaio.

Destacamos das obras de Bernard Charlot a temática da *relação com o saber*, que nos remete às perspectivas idiossincráticas dos sujeitos, enquanto aprendizes, inseridos em um determinado contexto – mundo – no qual existem

outros sujeitos – amigos, colegas, etc – que contribuem para com a construção do conhecimento uns dos outros.

De certa forma, a perspectiva adotada por Charlot vai ao encontro das proposições encontradas nos referenciais que versam sobre avaliação formativa. Gostaríamos de frisar que nessa perspectiva de avaliação, como cita Rotger (1990 apud RUIZ, 2000), ocorre a interação social dos indivíduos em sala de aula “relação consigo mesmo e seus companheiros”, e isso constitui um dos fundamentos ou “conteúdos básicos” da avaliação formativa. Outro fator importante a ser destacado, ainda na categoria da relação com o outro, é a formação de *grupos niveladores* (RUIZ, 2000), que, segundo o autor, constitui uma das premissas desse tipo de avaliação. Nesses grupos, os alunos com maior habilidade e propriedade em determinado assunto ou tópico da matéria estudada podem auxiliar aqueles com maiores dificuldades de aprendizagem.

Assim, ponderamos sobre a existência de pontos de ligação entre a temática da *relação com o saber* de Charlot e os fundamentos da *avaliação formativa* propostos por (ROTGER, 1990, apud RUIZ, 2000) à medida que observamos a vinculação direta entre uma das instâncias da relação com o saber, *relação com o outro*, e o convívio entre pares na formação daqueles grupos.

Além disso, existe um segundo nó que une esses dois balizamentos, estamos nos referindo à categoria da *relação consigo mesmo*. Nela encontramos, sob o ponto de vista da avaliação formativa, um fator essencial para o bom desenvolvimento dos trabalhos, pois, como cita (PERRENOUD, 1999) “nenhuma intervenção externa age se não for percebida, interpretada e assimilada pelo sujeito”. Nesse sentido, a “ação educativa” poderia estimular o que ele chama de “autorregulação”, fato que, segundo Perrenoud (1999, p. 96), reforçaria as capacidades do sujeito de gerir, ele próprio, “seus projetos, seus progressos, suas estratégias, diante das tarefas e obstáculos”. Assim, o indivíduo empenharia mais ou menos esforço na aquisição de determinado conteúdo de acordo com suas expectativas e possibilidades.

Por fim, gostaríamos de citar a existência de um terceiro fio condutor que acaba por se unir aos nossos outros dois balizamentos teóricos, a saber, a perspectiva Kuhniana do aprendizado em Física. Em sua perspectiva de aprendizado em Física, a preparação do estudante para ingressar em um contexto científico – um ‘novo’ mundo – passa pela exposição do sujeito a situações

exemplares, problemas típicos que representam o *paradigma* em vigência, aceito pela comunidade científica. Durante essa exposição, o estudante entra em contato com atores – que passarão a ser seus pares na rota da *ciência normal* – que se encontram em um estágio mais avançado no que se refere ao domínio da linguagem, bem como, das regras e padrões da prática científica, fato que contribuirá com a evolução do aprendizado do iniciante.

Dessa forma, podemos inferir a existência de uma vinculação da perspectiva Kuhniana de aprendizagem em Física com as categorias *relação com o mundo* e *relação com o outro* elaboradas por Charlot e, também, com a formação de *grupos niveladores* propostos pelos teóricos da avaliação formativa.

Sendo assim, ratificamos nosso ponto de vista de que os referenciais utilizados para nos dar apoio em nossa argumentação e análise, ao longo deste trabalho, estão em consonância, e, após esse breve introito, o leitor poderá tirar maior proveito da leitura deste ensaio.

3 CONTEXTO DA PESQUISA

Os dados desta pesquisa foram coletados em uma disciplina de introdução à Mecânica Clássica, ofertada pelo programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, durante o primeiro semestre do ano de 2007.

Tal disciplina, a princípio, seria destinada a alunos formados em Física, entretanto, em virtude da demanda existente, discentes graduados em Matemática também puderam cursá-la. O professor da disciplina também abriu a possibilidade para que alunos ainda não formados em Física cursassem-na como ouvintes. Dessa forma, a classe formada foi bastante heterogênea no que toca os conhecimentos prévios em relação ao formalismo da Mecânica Clássica e, também, com relação aos objetivos que levaram cada aluno a cursá-la.

Sendo assim, no curso havia alunos regularmente matriculados no mestrado e alunos matriculados como especiais, ou seja, sem vínculos institucionais com a pós-graduação. Havia alunos de diversas faixas etárias, alguns recém graduados – outros em processo de graduação – havia um aluno graduado em Física há mais de dez anos; alunos licenciados em Física e outros em Matemática.

4 METODOLOGIA DE TOMADA DE DADOS

O presente trabalho caracteriza-se por ser uma pesquisa de cunho qualitativo (BOGDAN; BIKLEN, 1994), no qual a metodologia de análise dos dados dar-se-á por meio da análise textual discursiva, nos termos do enfoque desenvolvido por Roque Moraes (2003).

Na perspectiva da análise textual contamos com as transcrições das entrevistas¹⁴ mantidas com os alunos 1, 2, 3, 4 e 5, que cursaram a disciplina de introdução à Mecânica Clássica, ofertada pelo programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina. Um deles, o aluno 2, na qualidade de aluno especial, os outros, como alunos regulares, durante um período de quatro meses, equivalentes a um semestre letivo. As entrevistas foram realizadas em vídeo – sempre após as provas, individuais, feitas por eles. Ao todo foram efetuadas seis entrevistas com cada discente, uma vez que o curso foi estruturado pelo professor da disciplina em 3 módulos e, ao final de cada um, era aplicada uma prova, que podia ser refeita em uma outra data, caso o aluno assim quisesse – a finalidade, *a priori*, dessa “segunda” prova era de dar a oportunidade ao aluno de somar pontos para a melhora de sua nota, ao final do curso. Os discentes envolvidos na presente pesquisa fizeram – e refizeram – todas as três provas.

As entrevistas coletadas para serem analisadas foram realizadas de forma não estruturada, fato que vai ao encontro do que preconizam Lüdke e André (1986, p. 34), ou seja, uso de esquemas “mais livres, menos estruturados”. Vale destacar que as entrevistas se deram mediante a um colóquio informal mantido entre o pesquisador e o entrevistado, sendo assim, as transcrições elaboradas contêm edições, no que se refere à pontuação, em virtude de tornar o texto resultante inteligível.

Os dados referentes às entrevistas estão foram tratados à maneira proposta por Roque Moraes (2003, p. 193) em sua *análise textual discursiva*, que nada mais é do que “um exercício de elaborar sentidos”. Para tanto, Roque Moraes (2003, p. 196) sugere que passemos por uma desmontagem do *corpus* – que é composto pelos textos formadores dos dados coletados. O procedimento descrito se

¹⁴ Os alunos respondiam sobre suas impressões ao resolver as questões daquela prova (se tinham resolvido ou não e o porquê) bem como, sobre suas expectativas em relação ao curso.

faz necessário para que cheguemos à “captura do novo emergente”, o que pode levar a uma “compreensão renovada do todo” (MORAES, 2003, p. 192). A desconstrução dos textos, realizada nessa pesquisa, teve como procedimento inicial o processo de *unitarização* no sentido de atingir enunciados referentes aos fenômenos estudados, ou seja, as unidades de análise. Posteriormente, foi realizada uma *categorização* das unidades, com o intuito de “construir relações entre as unidades base” (MORAES, 2003, p. 192, 197, 196). Nessa etapa utilizamos categorias inspiradas no referencial de Charlot, ou seja, para o agrupamento dos significantes utilizamos as relações com o saber, propostas em Charlot (2000):

Tabela 1: Categorias elaboradas à partir dos significantes contidos nas falas dos sujeitos.

Categorias	Relação com o mundo	Relação com o outro	Relação consigo mesmo
Significantes	Mestrado; Nota; Conteúdo; Física; Mecânica	Amigos; Colegas	Aprender; Saber; Estudar

Ao aplicarmos as categorias *da relação com o saber* mostradas na tabela acima, levamos em consideração a situação específica em que isso ocorre, ou seja, no termo *relação com o saber*, entendido como relação com o mundo, com o outro e consigo mesmo, devemos entender que:

- a) O *mundo*, nesse caso, não é o mundo todo, mas uma parte dele, ou seja, é o mundo de uma disciplina específica, de um programa de pós-graduação em certa universidade. Esse mundo tem conteúdos, formalismos, exercícios, conceitos, provas e notas específicas, com os quais os alunos têm de se relacionar.
- b) O *outro* não é um outro qualquer, ou um outro da sua relação pessoal, mas colegas e professores, inseridos em uma cultura específica. Alguns desses colegas eram instituídos, ou seja, estavam regularmente matriculados; outros não (eram alunos especiais, como o aluno 2).
- c) E por relação *consigo mesmo* entenda-se consigo mesmo enquanto futuro pesquisador, enquanto aluno ou futuro aluno de uma pós-

graduação; portanto, enquanto sujeito tentando perceber o quanto o universo definido em a) faz sentido a ele.

Em resumo, a temática da relação com o saber deve ser aplicada ao contexto específico em que a pesquisa está sendo realizada, o que define, para cada caso, um particular mundo, outro e relação consigo mesmo.

Como já dissemos, o professor dividiu o curso em três módulos, que poderiam ser tomados como as “unidades de aprendizagem” em Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 130). Cada unidade foi avaliada com uma prova escrita, contendo problemas típicos¹⁵. A prova um corresponde ao módulo um, a prova dois ao módulo dois, etc. As provas eram compostas por quatro questões das quais três eram semelhantes¹⁶ às questões trabalhadas em sala de aula para cada módulo. A quarta questão foi colocada, pelo professor, como um ‘desafio’ aos estudantes, uma vez que em sala os discentes não haviam trabalhado problemas que tivessem semelhança a ela, em termos das situações expostas.

A novidade introduzida pelo professor no curso consistiu em permitir que as provas de cada módulo pudessem ser refeitas pelo aluno para que ele tivesse condições de melhorar sua nota. Ao refazer sua prova, supostamente, o aluno teria a possibilidade de evoluir no aprendizado do conteúdo. Dessa forma, as avaliações foram concebidas simultaneamente como formativas e somativas.

¹⁵ Os problemas abordavam o movimento retilíneo uniforme, queda livre, movimento de projéteis, sistema massa-mola, o pêndulo simples e duplo, etc.

¹⁶ A semelhança a que nos referimos, remete à situação problema exposta nos exercícios encontrados nas provas, em relação aos elaborados pelo professor em sala de aula.

Tabela 2: Evolução das notas dos alunos

Aluno									
1	Prova ¹⁷	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2
	Nota	6,0	9,5	-	6,0	10,0	-	8,0	9,5
2	_____	1,5	8,5	9,5	4,0	9,0	9,5	7,5	9,5
3	_____	5,4	8,3	-	6,5	10,0	-	5,5	9,0
4	_____	8,7	9,5	-	8,1	10,0	-	9,7	10,0
5	_____	9,3	9,5	-	8,0	10,0	-	7,5	8,0

Observação: as notas que se encontram em negrito foram utilizadas para se obter a média final de cada aluno.

Observando a evolução das notas desses alunos, levantamos duas questões centrais a serem abordadas nesse trabalho:

- O que levou cada aluno a manter-se e investir no curso, melhorando suas notas até a conclusão da disciplina?
- De que forma as avaliações puderam contribuir para a evolução do aprendizado do conteúdo abordado durante o curso em questão?

¹⁷ O primeiro número designa o módulo correspondente à prova. Já o segundo designa o momento em que foi feita a prova, ou seja: 1.1 – significa prova 1 feita pela 1ª vez; 1.2 – quer dizer prova 1 feita em uma segunda oportunidade.

5 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os dados a serem apresentados aqui se referem aos alunos 1, 2, 3, 4 e 5. Logo abaixo encontra-se um resumo dos perfis relativos aos sujeitos da pesquisa:

Discente 1:

Formou-se em Ciências – licenciatura curta, após três anos – com habilitação em Matemática no ano de 1992. Depois desse período, fez especialização em Educação Matemática e, em seguida, mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Atualmente é doutorando em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Nas entrevistas que foram mantidas ao longo do curso, 1 relatou que só teve contato com conteúdos relacionados a Física nos três anos de seu ensino médio.

Discente 2:

Formou-se em matemática no ano 2000 e concluiu sua pós-graduação, em nível de especialização, no mesmo ano. Em entrevistas mantidas com o sujeito, constata-se que durante sua graduação ele teve um contato muito pequeno com conteúdos relacionados à Física. Isso decorre do fato de que sua formação se deu por meio de uma licenciatura curta (três anos), com habilitação em Matemática (mais um ano).

Discente 3:

Graduou-se em Física no ano de 1994 com habilitação em licenciatura plena. Após ter reprovado em algumas disciplinas do mestrado em Física Aplicada voltou-se para a área de Ensino e concluiu o mestrado em ensino de ciências e educação matemática no ano de 2006. 3 relata que, durante sua formação, teve contato com conteúdos referentes à mecânica clássica, entretanto, somente com o formalismo Newtoniano.

Discente 4:

Obteve sua graduação em Física com habilitação em licenciatura plena no ano de 2006. Ao final do mesmo ano entrou no programa de mestrado em ensino de ciências e educação matemática como aluno regular. 4 relata que em sua graduação só teve contato com o formalismo Newtoniano durante os cursos de mecânica que cursou.

Discente 5:

Formou-se em Física com dupla habilitação – bacharelado e licenciatura – no ano de 1991. Anos após obter o título de sua graduação, fez uma especialização em administração escolar. Deu início por várias vezes a cursos de mestrado mas, por diversos motivos, acabou abandonando-os. Atualmente é aluno regular do curso de mestrado em ensino de ciências e educação matemática. Durante as entrevistas realizadas, 5 relatou que em seu curso de graduação teve contato com diversos formalismos no âmbito da mecânica clássica.

De maneira evidente, é de se esperar que alunos formados em Física tenham um bom desempenho em se tratando de um curso de Mecânica. Entretanto, embora 1 e 2 não tenham tido um curso específico de Mecânica Clássica ao longo de suas graduações, conseguiram um desempenho satisfatório em suas avaliações no transcorrer da disciplina – fato que pode ser constatado mediante suas notas, mostradas na tabela 2.

O professor havia dado a oportunidade a cada aluno de refazer quaisquer das provas, por duas vezes. A maioria dos alunos – como podemos observar na tabela acima – não usufruiu dessa prerrogativa. A exceção ficou por conta do aluno 2, que refez por duas vezes a prova um e, por duas vezes, a dois. Após cada uma dessas provas todos os alunos eram entrevistados sobre suas impressões ao resolver as questões daquela prova (se tinham resolvido ou não e porque) bem como, sobre suas expectativas em relação ao curso.

Discente 1:

a) relação com o mundo

O aluno 1, como já citamos acima, não teve em seu curso de graduação uma disciplina que tratasse de Física, nem tampouco uma matéria específica sobre mecânica. No entanto, 1 conseguiu um bom desempenho ao longo do curso.

1 encontrou algumas dificuldades em sua apropriação desse mundo, da linguagem da Física, dessa disciplina com a qual nunca havia tido contato, principalmente em relação aos conceitos físicos envolvidos nos exercícios do módulo 1 – formalismo newtoniano – e, também, em relação ao cálculo diferencial e integral necessário para que as respostas requeridas fossem obtidas. Podemos constatar algumas dessas dificuldades observando um trecho de sua fala, retirado de sua entrevista, após a realização da prova 1, feita pela segunda vez:

Aí, no exercício 4, que é de um campo elétrico, eu tentei fazer. Sinceramente, eu nunca tinha estudado campo elétrico, mas diante do que nós estudamos, que quando tem um campo elétrico, tem uma força resultante, partindo daí... daquela equação que ele deu lá... do E... Derivei, né? Aqui é derivada, ou é integral? Deriva 1º depois integra. Tá vendo... Já aprendi alguma coisa. [...] Aí eu fiz... tentei, pelo menos, achei a equação, achei o... sinceramente, pra mim é difícil ficar falando por que eu não tenho o conceito físico. Então, na verdade eu faço meio que mecanicamente, apesar de que é uma disciplina de mecânica, eu faço meio que matematicamente, porque o conceito pra eu definir pra você, qual é a força que atua, qual é o... o conceito físico assim, que está permeando ali o desenho, o exercício, sinceramente eu tenho muita dificuldade ainda em reconhecer qual é o conceito que está posto ali. (E-1.2)

Essa dificuldade continuou a rondar 1 até o encerramento da disciplina. Ao longo do módulo três – formalismo hamiltoniano – indagado se havia achado difícil tal formalismo, 1 assim se expressou:

Não. O método mesmo não. Só que eu tenho dificuldade e continuo tendo dificuldade ainda na questão do conceito físico que eu não tenho, no sentido de energia, no sentido, sabe, de olhar para o exercício e perceber... ter aquele olhar físico pra coisa. Isso eu não tenho. Eu resolvo entre aspas, mecanicamente ou matematicamente, sabe, aplicando matematicamente dentro do contexto, mas eu não sei olhar, assim, clinicamente e ver assim, clinicamente e ver aquilo que está posto no sentido de 'que tipo de energia está ocorrendo'... Estou aprendendo, mas assim, eu apanho um pouco. (E-3.1)

Tal dificuldade torna-se flagrante quando observamos o trecho abaixo, no qual o entrevistador questiona o aluno sobre o significado do termo 'V', presente nos formalismos Lagrangiano e Hamiltoniano. Ele assim se expressou:

Ai... não é velocidade, né... esqueci o que é o V. Na verdade eu não tenho muito conceito físico não. O que é mesmo o V? (E-3.2)

Entretanto, 1 demonstrou por diversas vezes que uma de suas maiores inquietações, ao longo de sua inserção no mundo, era em relação às suas notas, que tinham, a todo custo, de serem melhoras.

Destacamos um trecho de sua fala, sobre suas impressões a respeito da prova que acabara de fazer, na qual podemos verificar esse fato:

Mas eu já melhorei bem, tá vendo, eu já estou tendo uma noção melhor de conceitos físicos, o que é que são forças, quando são conservativas, quando não são, então, assim, já avancei bastante... quero tirar pelo menos 7... 8 na verdade. (E-2.1)

Podemos verificar essa preocupação de 1 na melhoria de sua nota em outra passagem, na entrevista realizada após a prova do módulo três, no qual 1, além de se preocupar com a correção que seria feita em sua prova três, indaga o entrevistador sobre a nota atribuída a ele ao final do módulo dois:

Agora fala pra mim, se eu errar um sinalzinho você considera um pouco? Eu ainda estou invocado com a prova da Lagrangiana. Eu estudei e estava sabendo muito da lagrangiana. Eu queria saber o que é que eu errei, porque eu estava sabendo muita lagrangiana e tirei só 6,0. Achei pouco. Eu quero saber o que foi que aconteceu. (E-3.1)

Em mais uma demonstração de preocupação com suas notas, 1 se queixa da correção realizada em sua prova 3.1, quando indagado sobre seu desempenho na prova 3.2.

[...] bom, é o seguinte: eu tinha errado o exercício número 4. A princípio, como aluno, eu achei que você foi muito injusto comigo. Porque todo esse comezinho aqui, que inclusive eu usei lá, eu tinha feito, eu merecia pelo menos meio ponto. Então, minha nota tinha que ser 8,5 e não 8,0, mas tudo bem. [...] Eu espero que você me dê pelo menos 9,1 ou 9,5 só pra manter o meu A, ta? Leve em consideração que eu sou professor de matemática e não professor de Física, e que ele se esforçou muito nesse semestre, para fazer essa disciplina de mecânica e que, portanto, ele avançou muito. (E-3.2)

b) relação com o outro

Como pudemos observar até agora, 1 explicitou suas dificuldades em relação ao conteúdo abordado durante todo o curso. Todavia, uma alternativa encontrada por 1 para tentar amenizar seu problema foi estudar – tirar suas dúvidas – com seus amigos, colegas de curso. Na entrevista realizada com 1, ao final da prova 1.2, quando questionado sobre o tempo destinado a seu estudo para a execução daquela prova, 1 assim se expressou:

Estudei... bastante. Estudei com o 4, com o 2 e estudei com o 5, um pouco. (E-1.2)

Preocupado com seu desempenho, após ter estudado com seus amigos, 1 se explica, quando questionado se havia refeito o exercício três¹⁸ da prova 1.2. Ele assim se expressou:

No exercício 3 tem um problema: tanto os meninos – o 5 e o 4 – chegaram nessa coisa monstruosa aqui, que é essa raiz aqui, eles não souberam resolver. Não é que não souberam, não sabiam como é que faziam... sei lá. E aí, um pouco que eu entendi lá eu fiz mais um pedaço aqui, que eu não sei de onde saiu, mas enfim... fui tentando e eu fiz um pouco mais do que eles fizeram. (E-1.2)

Em mais uma passagem, que pode ser observada no diálogo abaixo, 1 relata em quais momentos requisitava seus amigos para que eles o ajudassem:

VOCÊ SÓ ESTUDOU COM ELES?
 Não, eu estudei sozinho também... mas nós tirávamos as dúvidas juntos.
 VOCÊ NÃO TEVE NENHUMA AULA PARA FAZER ESSA PROVA?
 Não... tive na sala de aula... fiz tudo de novo os exercícios, e aí, tirei minhas dúvidas com o 4. (E-2.1)

c) relação consigo mesmo

Como vimos, o aluno 1 obteve graduação em ciências – habilitação em Matemática – e em entrevista relativa a sua formação, 1 destaca que durante a obtenção de sua graduação, “não queria nem saber de Física”, em suas palavras:

Eu não tinha nada a ver com a Física e não queria nem saber de Física. (E-formação).

Entretanto, 1 teve um bom desempenho nas sucessivas avaliações realizadas ao longo do curso, estudando muito. Constatamos isso quando ele cita que:

Sinceramente eu estudei muito, fiz de novo, todos os exercícios de equação newtoniana, né... procurei me concentrar dentro desse modelo (E-1.2)

Todavia, ao longo dos três módulos abordados no curso em questão, 1 demonstrou maior dificuldade, sobretudo, no primeiro, que tratava do formalismo newtoniano. Essa dificuldade parece ter diminuído conforme o curso evoluiu para os módulos dois e três. Um fato interessante surge quando 1 é questionado sobre se as

¹⁸ Trata-se de um exercício no qual um corpo oscila, preso a uma mola, em um plano inclinado.

aulas que ele havia tido a respeito do formalismo lagrangiano ajudaram-no a compreender melhor as coisas. Ele assim se expressou:

Ah sim, parece que eu perdi um pouco do medo, depois que eu fiz a prova de Lagrange eu estudei... além de ter estudado mais eu entendi a parte da Equação de Lagrange. De certa forma eu pude retomar agora a Newtoniana com um novo olhar... eu entendi muito mais coisas agora na Newtoniana com a Lagrangiana. Eu tive um outro olhar, perdi um pouco o medo de lidar com a Newtoniana... eu acho que teve um avanço. Se acertei ou não, eu não sei, de repente eu não acertei, mas eu acho que eu consigo mesmo, eu diante do saber, da equação Newtoniana houve um avanço. Pelo menos eu entendi o mecanismo como é que faz. (E-1.2)

No trecho que acabamos de citar podemos destacar duas situações: 1) que 1 sentia-se inseguro em relação ao formalismo newtoniano; 2) a consciência por parte dele em relação aos seus avanços, em termos de seu aprendizado. Podemos verificar a segunda situação, com um pouco mais de clareza, quando observamos o trecho abaixo:

[...] eu sinto que houve um avanço muito grande da minha parte, desde a época que eu comecei o curso aqui, percebo... assim, que a Física é algo que deixa a gente meio que viciado. Sabe, quando você começa a estudar você... sei lá... a adrenalina sobe tanto que é uma coisa que vicia mesmo. Enquanto você não consegue, enquanto você não chega naquele objetivo, você não consegue desligar. (E-formação)

E ainda cita que:

Eu estou muito feliz com meu 8,0 (prova 3.1). É sinal que houve um avanço e tanto né? Da newtoniana para a lagrangiana e para a hamiltoniana é... o sucesso é todo meu... (E-3.2)

A esse ponto, 1 deixa clara sua relação com o conhecimento, com o saber, chegando a citar que estava “viciado” em determinadas resoluções, em determinados exercícios. Ele cita, durante a mesma entrevista, que se sentia capturado pelo conteúdo:

Teve dia, na primeira prova mesmo, naquele exercício do pêndulo, que na aula da Márcia, na quinta-feira, eu fiquei das oito da manhã ao meio dia tentando fazer. Eu não conseguia nem me concentrar na aula. Então, é uma coisa assim que... parece que te suga de uma tal maneira que... Capturado... é essa palavra mesmo. Você não consegue se desligar, até mesmo na sala de aula, enquanto eu estava dando aula, os alunos fazendo exercício, eu sentia necessidade de tirar da bolsa, pegar de novo, e fuçar, e começar a mexer. Essa semana, por exemplo, eu resolvi essa prova inteirinha de novo, né, tentando, lembrando dos enunciados e fazendo. Então eu percebo que hoje eu consigo fazer os exercícios, até mesmo sem

ter alguma coisa para olhar, sabe assim, o mecanismo, a forma de fazer, ainda mesmo sem ter o conceito físico hoje eu compreendo um pouco mais, assim, hoje eu diria que eu avancei uns 80% em relação ao começo do curso. (E-formação)

Questionado se ele se sentia seduzido pela Física, ele assim respondeu:

Isso. É impressionante porque, quanto mais você tenta se desvencilhar, desligar, você não consegue. É a necessidade que você tem de ficar concentrado naquilo. Por exemplo, na aula da Márcia... eu invoquei tanto com aquele exercício que eu sentia a necessidade de fazer. Tanto que eu fiz aqui, depois, em casa, eu tentei fazer de novo. Enquanto eu não consegui, assim, estruturar o meu raciocínio, no sentido de organizar as minhas ideias para entender o que o exercício queria, quais os passos que deveriam ser seguidos, eu não fiquei em paz. É uma coisa que tira a paz. Essa é que é a verdade. É uma coisa assim que... é uma coisa do diabo...(risos). Você fica desassossegado, essa é a palavra certa. [...] quantas vezes eu não saí daqui pensando: puxa, como é que eu faço aquilo, e você tem a necessidade de pôr no papel, de rascunhar, de ver como é que ficaria assim e assado, fazia de várias formas, chegava aqui e tirava as dúvidas com o 4, às vezes eu cheguei e estava certo, outras eu fiz até um pedaço, enrosquei... mas assim, há uma necessidade de saber como é que se faz as coisas. (E-formação)

Discente 2:

a) relação com o mundo

No início do curso vemos que 2 apresentava muitas dificuldades conceituais e com a linguagem da Física. Por exemplo, na prova 1.1, na qual ele foi muito mal, havia o exercício 4 que envolvia um campo elétrico oscilante, ele assim se expressa:

Falou em campo elétrico eu já não sei mais nada. Falou em campo elétrico ali e colocou um cosseno ali... teria que derivar, integrar... eu só imaginei que eu teria que aplicar as equações de Newton ali, mas não sabia como aplicar essas equações – e se eram as equações de Newton. (E-1.1)¹⁹

Ele tinha consciência de suas dificuldades, tendo dito várias vezes que sentiu mais dificuldade com o módulo um, que utilizava o formalismo newtoniano, do que nos outros módulos (lagrangeana e hamiltoniana). Vejamos, por exemplo, o diálogo abaixo:

¹⁹ O código E-1.1 indica entrevista realizada logo após a prova 1.1, que é a prova 1 (formalismo newtoniano) feito pela primeira vez.

VOCÊ INTERPRETA DE MANEIRA CORRETA OU INCORRETA O EXERCÍCIO?

Olha... mais ou menos. Eu não consigo, às vezes, encontrar o conceito do que é que eu tenho que fazer no exercício.

VOCÊ ENCONTRA ESSA DIFICULDADE SEMPRE?

Sempre. Na newtoniana mais ainda do que na lagrangeana.

POR QUÊ?

Olha, eu achei que a newtoniana tinha mais conceito para aplicar. Tinha bem mais conceito. Na lagrangeana os conceitos são um pouquinho menores.

QUE CONCEITO?

Vamos dizer assim: a massa, a gravidade, a altura. A gravidade na lagrangeana parece que é mais fácil de se entender do que na newtoniana. Quando é negativo, quando é positivo, a maneira de você trabalhar a equação... a lagrangeana eu entendi que sai um padrão mais exato. A newtoniana, cada exercício tinha uma maneira diferente. (E-2.1)

Apesar de suas dificuldades o aluno 2 foi se superando. Ele sabia que teria de estudar para conseguir notas boas, uma regra desse mundo em que ele estava inserido. Sua meta era, portanto, melhorar sua nota:

Eu refiz, na verdade, a prova 1.2, alguns exercícios que eu havia errado. Não fiz todos os exercícios que eu havia errado, só alguns erros que eu tinha feito aí, troquei a ordem de alguns exercícios... Refiz a prova 1.2 e refiz um exercício da prova 2.2. A prova 1.2 é Newtoniana, a prova 2.2 é Lagrangeana. Eu havia errado algumas coisinhas ali e acabei refazendo para ficar... melhorar também a nota. (E-1.3 e 2.3).

Uma outra afirmação de 2 que vale a pena comentar é que a partir de um certo momento ele começa a gostar do que estava fazendo:

FALA 2, COMO É QUE VOCÊ FOI NESSA PROVA AÍ?

Olha... gostei. Tirando o pêndulo duplo. Eu não sei derivar aqueles negócios do pêndulo duplo lá não... eu me perco.

E NO MAIS AÍ, TUDO CERTO?

Comecei... gostei da lagrangiana... hamiltoniana... nós já fizemos uma prova da hamiltoniana... gostei. Depois que começa a montar a questão vai tranquilo. A dificuldade é só na hora de montar. (E-2.2)

b) relação com o outro

A estratégia que 2 adotou para melhorar suas notas foi estudar um pouco em casa e depois tirar as dúvidas com alguns de seus colegas:

É, refiz a primeira prova. Eu acho que eu avancei um pouquinho, entendi, pelo menos aqueles conceitos que eu tinha errado na 1ª prova, eu acho que, tirando as dúvidas com o 4 com o 5 e com o 1, eu tirei as dúvidas do que eu tinha errado na outra prova, se bem que na outra prova eu não fiz quase nada. (E-1.2)

O outro, nesse caso, foi um amigo, um colega, que ajudou a sustentar a posição que 2 queria assumir: ou seja, de alguém que conhecia suas deficiências em Física e que pedia ajuda aos outros sem se importar com sua autoimagem:

Não dava tempo de tirar as dúvidas só com o professor, não dava. Então, muitas dúvidas que eu estudava em casa, chegava aqui, eu anotava as dúvidas e tirava as dúvidas. Por exemplo, o 1 e eu, nós dois juntos, só nós dois, anotávamos as dúvidas e tirávamos com o 5, ou com o professor, ou até mesmo com você, algumas vezes... então, estudar com alguém, tirava as dúvidas nossas, mas assim, principalmente de conceito... como montar o exercício. Essas foram as dúvidas que nós tivemos. (E-1.3 e 2.3)

2 poderia ter tentado estudar sozinho, com um livro, mas achava mais prático tirar as dúvidas diretamente com os colegas que sabiam mais:

Olha... vamos dizer assim... por que é que eu não procurei um livro? Será que não era muito amplo para procurar num livro? Será que não era assim... se eu fosse procurar num livro, eu teria que entender tudo que estava lá atrás e, para eu chegar... procurar tudo que estava lá atrás, eu não sei se ia conseguir dar conta de fazer tudo isso... Agora, perguntava para o M e para o O eles já explicavam de onde que saiam... porque eles fizeram o bacharelado ou licenciatura em Física. Então, eles já tinham aquele conceito. Então, eu acho que perguntando para eles, tinha essa questão... tirar a dúvida mais rápido... aquela coisa mais fechada, não muito ampla. Eu teria que estudar bem mais em cima dos livros.

c) relação consigo mesmo

Como 2 se via, enquanto estudante dessa disciplina? O que o movia para investir em seu aprendizado? O que o mobilizou para melhorar suas notas? Questões como essas têm a ver com suas reflexões sobre sua formação, o quanto queria melhorar profissionalmente; a consciência que tinha de suas motivações e desejos com relação ao curso de Mecânica e sua vida profissional futura.

Com relação a sua formação e aos conteúdos de Mecânica vistos na graduação ele assim se expressava:

Não, não. Não teve [Mecânica, na graduação]... Era, vamos dizer assim: o básico que tinha no ensino médio só... que nós vimos no ensino médio... só que vimos de maneira diferente, né... não é igual a essa mecânica que nós

vimos aqui. É aquelas ‘formulazinhas’ que a gente vê no ensino médio... só coisas simples. Não é igual a isso aqui não... (E-formação)²⁰.

O aluno 2 também demonstrou uma preocupação contínua sobre o seu aprendizado e desempenho no curso. Quando perguntado se o curso havia valido a pena ele responde afirmativamente: “Hoje eu sei onde a Física pode ser aplicada e não só naquilo que estudei” (E-1.3 e 2.3). Depois acrescenta que “valeu a pena” não só pela Física, mas também pela Matemática:

SÓ VALEU A PENA PELA FÍSICA?

Não, pela minha pessoa também valeu. Hoje eu sei fazer bem mais exercícios do que eu sabia antes. Não só pela Física assim, o conceito; mas o cálculo também. Eu aprendi mais as integrais, as derivadas... Mas é uma questão minha: eu aprendi mais um pouco. A matemática você só sabe aplicar, mas não sabe onde ela é usada, por exemplo Física, onde ela pode ser aplicada em Física. Normalmente você só vê aquele conteúdo “ como resolver o cálculo matemático” e Física é onde você vai aplicar a Matemática.

Com relação a sua meta geral, 2 afirma que desde a graduação queria ter feito o mestrado, mas teve dificuldades, tendo de trabalhar. De qualquer forma ele tentou por duas vezes o ingresso, mas não passou. Entretanto, esse ano ele vai tentar novamente, mas acredita que seja mais por razões pessoais do que por exigência do mercado de trabalho:

2 - Eu quero primeiro estudar, para depois... Eu me preparar melhor... e até o fato de que eu quero estudar, para depois tentar trabalhar na faculdade. Mas eu acho que é mais uma coisa minha do que questão do mercado de trabalho. (E-1.3 e 2.3).

Discente 3:

a) relação com o mundo

O aluno 3, como já dissemos, obteve os títulos de licenciado em Física e mestrado em ensino de ciências. Fato que nos levariam a crer que sua passagem pelo curso fosse um tanto quanto tranquila, sem apresentação de dificuldades conceituais, teóricas, na apropriação desse mundo que, de certa forma, 3 já havia

²⁰ E-formação, refere-se à última entrevista realizada com o aluno, na qual se perguntou sobre a sua formação e sobre os conteúdos de Mecânica que ele teve contato na graduação.

conhecido. Entretanto, o que pudemos constatar, mediante a exposição dos dados abaixo, é que, de fato, a situação não foi bem essa. Vejamos o diálogo:

3, VOCÊ RESOLVEU A PROVA INTEIRA?

Não. Não fiz o exercício número quatro. Na realidade nem tentei fazer. Não consegui pensar um estilo de coisa... Acho que me enrosquei com campo elétrico, não consegui imaginar o exercício. Apesar de não ter nada a ver com eletrostática. (E-1.1)

ENTÃO POR QUE É QUE VOCÊ NÃO CONSEGUIU RESOLVER?

Na realidade... região do espaço, existe um campo elétrico oscilante e tal... Eu tenho muita dificuldade com eletrostática então, eu acho que pelo fato de ser com eletrostática eu já me enrosquei e não consegui imaginar o começo do exercício ou imaginar uma solução qualquer pro exercício ou qualquer coisa nesse sentido. Foi a mesma dificuldade que eu tive no exercício três, por exemplo. [...] Quer dizer, então, tem um detalhe importante. Quando você resolve um exercício desse tipo, que é o troço mais angustiante pra gente, é o fato de você chegar numa resposta que você não consegue interpretar ela direito. Você não sabe qual é a resposta que você, teoricamente teria de obter. Quer dizer foge um pouco do seu senso comum... eu não sei se seria isso... mas no meu caso, fugiu do meu senso comum, do meu conhecimento. (E-1.1)

Como pudemos observar, 3 encontrou problemas de ordem conceitual que inviabilizaram suas resoluções em primeira oportunidade, especialmente em relação aos exercícios três e quatro, que tratavam, respectivamente, de um corpo que oscilava preso a uma mola em um plano inclinado e de uma carga elétrica, em movimento, devido a sua imersão em um campo elétrico oscilante.

Mais adiante, no mesmo diálogo iniciado após a prova 1.1, 3 se explica dizendo a respeito da resolução da questão três:

FUGIU DO QUÊ?

Do que eu imaginava que poderia ser lógico. Quer dizer, aí, eu comecei a colocar coisas que eu não tenho bem certeza. Por exemplo: eu adotei que x em 0 seria quando a massa estivesse em repouso, etc. Repouso não. No ponto em que ela poderia estar em repouso. Teve algumas coisas que pra mim ficaram complicadas, então, eu não soube criar as condições pra poder dar a solução do exercício. (E-1.1)

Já em relação as duas primeiras questões da prova, 3 assim se expressou:

O 1 e o 2, além de ter uma resposta que pra mim era esperada, quer dizer, eu sei o que é que eu tenho que achar aqui, né, pelo menos teoricamente eu saberia o que é que eu tenho que achar... Te dá uma determinada angústia porque você não sabe o que tem que achar, mas você sabe a nível de ensino médio. Que é o que eu explico em sala de aula. (E-1.1)

O problema três esteve presente nas provas dos três módulos do curso e, como pudemos observar, 3 encontrou dificuldades em todos eles. No diálogo abaixo, 3 expõe com maior clareza suas dificuldades:

ENTÃO VOCÊ RESOLVEU O PROBLEMA TRÊS NA ÍNTEGRA?

Não, eu resolvi o problema três na íntegra mas ignorei o P_x , então eu não sei se ele vai... Considere o eixo x paralelo ao plano inclinado. Então, quer dizer que você poderia ignorar o y , pelo menos no meu ponto de vista. O problema na questão número três foi, justamente, o que fazer com P_x a partir do momento em que ignorei o eixo y . Aí, eu sofri mesmo com um problema conceitual, acabei... (E-2.1)

ENTÃO VOCÊ RESOLVEU O PROBLEMA 3 NA ÍNTEGRA?

Não, eu resolvi o problema três na íntegra mas ignorei o P_x , então eu não sei se ele vai... (E-2.1)

VOCÊ IGNOROU O P_x ?

Eu considero que ele esteja errado. Mas também não sei o que ele estaria fazendo... tá em x ali, ele não seria uma força... não sei... teoricamente, não sei... (E-2.1)

MAS O PROBLEMA TRÊS... QUAL FOI SEU PROBLEMA?

Eu estou achando que eu errei ele na prova passada. Errei a lagrangiana dele. Se eu errei a lagrangiana, eu errei a hamiltoniana também. (E-3.1)

Um fato importante a ser destacado é que 3 demonstrou consciência de suas dificuldades, em lidar, em especial, com a questão três. Em um momento de desabafo, 3 concluiu que:

Existe um problema sério conceitual, muitas vezes você bate forte num problema conceitual, foi o que eu falhei aqui, e na primeira prova... não sei se dá pra considerar essa derivada aqui como um erro conceitual, mas eu não sei fazer ela. Não sei se com uma tabela de derivada eu saberia fazer. (E-3.2)

b) relação com o outro

Consciente de suas dificuldades e por deter algumas deficiências conceituais, 3 buscou, entre outras alternativas, interação com seus colegas de turma:

VOCÊ ESTUDOU PRA FAZER ESSA PROVA?

Sim, eu estudei, consultei colegas, etc. Algumas coisas que a gente não sabia...(E-1.2)

Em relação à questão que lhe trouxe tanta dificuldade – a questão três das provas – 3 relata que buscou em alguns livros a solução do problema, mas, no entanto, não deixou de trocar experiências com seus pares, ainda que divergissem em relação a pontos de vista:

VOCÊ NÃO REFEZ A PROVA 2 AINDA, NÉ?

Ainda não. Então... eu não sei se eu errei ou não. Na literatura eu não achei. Já pesquisei, não achei, então, eu acabei deixando... preferi não comentar com os colegas. Já discuti com o 4, ele tem uma opinião eu tenho outra... ou ele está certo, ou eu estou, como nós dois não temos o resultado da prova, então... e a nota da prova dele não diz se ele acertou ou não o problema. (E-3.1)

ENTÃO VOCÊS NÃO CONVERSARAM SOBRE O PROBLEMA...

Conversamos... eu conversei com quatro pessoas: Dois têm o ponto de vista de que você realmente... como o eixo está orientado em x, ali, você simplesmente ignora a força peso, que é a minha opinião. Dois acham que não. E aí, está certo, está errado? Resolvi esperar o resultado da prova para saber se eu errei ou não... se eu errei, vou ter de ir atrás porque, provavelmente, eu devo ter errado a mesma coisa que eu tinha errado lá, na prova anterior. (E-3.1)

Ao longo de todo o curso 3 manteve um estreito contato com seus pares na busca da solução para a questão três. Ainda que discordassem em relação à solução do problema, 3 procurou 4 por diversas vezes a fim de encontrar uma resposta definitiva. Todavia, 3 mostrou-se irredutível acerca de seu ponto de vista, até o final do módulo três, quando finalmente conseguiu lograr êxito em sua resolução:

Eu até vi a resolução do aluno 4 e parece que existe algum truque... mas eu continuei na minha opção de não alterar... é aquilo que eu falei na entrevista anterior, na última prova eu conversei com o 4, "tem que considerar o eixo y. Não tem... tem, não tem..." eu preferi continuar na minha linha de pensamento, acabei errando, ele tinha razão, agora eu corriji (E-3.2)

Entretanto, quando questionado quanto à maneira que havia encontrado para se preparar para as provas, 3 cita que procurou estudar sozinho:

VOCÊ ESTUDOU SEMPRE SOZINHO?

Sempre. Em função do meu trabalho e, esse negócio de estudar de última hora não dá certo. Acho que foi até por isso que minhas notas não evoluíram tanto. (E-final)

c) relação consigo mesmo

3 demonstrou satisfação quanto ao seu rendimento e, sobretudo, em relação a maneira proposta pelo professor da disciplina para que os alunos buscassem sua evolução. Em entrevista, ao final do módulo um, 3 destaca aspectos interessantes de seu desempenho:

Olha, é interessante pelo fato de você ter... eu consegui um... vendo a prova você consegue detectar erros que você teve, né... outras coisas eu não sabia, então eu tive que recorrer, tive que estudar em casa etc. (E-1.2)

Como já citamos, 3 demonstrou dificuldades conceituais em dois problemas. O primeiro, que diz respeito a um corpo que oscilava em um plano inclinado, preso por uma mola, esteve presente em todas as três avaliações do curso. O segundo, que tratava de uma carga acelerada por um campo elétrico uniforme, que esteve presente apenas na prova do módulo um. Em relação à questão da carga elétrica, 3 relatou que estudou muito para que conseguisse resolvê-la:

Olha, eu devo ter estudado esse problema pelo menos umas 20 horas. Primeiro que ele é de eletro. Se tem eletro no meio, eu tenho uma certa dificuldade. Segundo que, caiu numa integral aqui – de seno e cosseno – que faz muito tempo que eu não mexo com isso e ficava confuso pra caramba, muito confuso. Inclusive quando você tem que é... quando você tem que chamar u de θ , você tem que mudar a variável ali... isso pra mim era complicado, bem complicado, fazia muito tempo que eu não mexia com isso... eu acho que eu nunca mexi, diga-se de passagem, então eu sofri um pouquinho. Recorri ao Simon, Goldstein, etc. (E-1.2)

Todavia, o que mais marcou para 3, segundo seu relato, foi a possibilidade de melhorar, de evoluir ao longo do curso, diante da possibilidade aberta pelo professor de os alunos refazerem as provas em que não haviam conquistado boas notas. Sobre esse fato 3 assim se expressou:

Há uma evolução nesse sentido, porque, quando você percebe o erro... na realidade vira uma coisa (ALUNO FAZ GESTOS COM A MÃO INDICANDO UMA SEQUÊNCIA). É por isso que eu quero refazer a primeira prova, porque lá foi exatamente isso que eu errei também. Acredito que a questão número três foi uma das coisas que eu errei lá também, justamente por não considerar o peso. [...] É, a grande vantagem é a seguinte: a gente evolui um pouquinho porque, a partir do momento que você vê sua correção e vê que aquilo que você estava pensando estava errado. (E-3.2)

Outro aspecto relevante do aprendizado de 3 trata de sua exigência pessoal por um desempenho cada vez melhor. Ao final do curso, 3 relatou que a evolução passa por uma relação consigo mesmo muito intensa:

Eu fiz uma exigência a mim mesmo, ver como vai meu aprendizado. Eu poderia, como nós temos a opção de consultar o material, poderia ver resultados em livros, mas acho melhor não, pois eu estou há muito tempo mexendo com educação e deixei a mecânica de lado. Isso me inspirou a voltar até para eletro. [...] Acho que essa evolução tem que ser exatamente nesse sentido: de ver onde você está falhando e ir melhorando... é uma coisa meio pessoal, é você e os livros. (E-final)

Entretanto, 3 reconhece que deveria se empenhar mais para que seu aprendizado fosse ainda melhor:

Quando eu entrei nessa disciplina, eu não lembrava o que era x ponto, x dois pontos, essa disciplina me desenvolveu nisso, então, mais ou menos, eu fui aprendendo as coisas. É lógico que eu precisava ter estudado mais, voltado em conceitos... o tanto que eu estudei não foi tanto quanto a disciplina exigia. (E-final)

Questionado sobre para que serviria o curso, após seu término, 3 relata que serviria para algumas coisas, e busca explicações para esse fato:

Agora, por n coisas, não sei justificar ainda por quê. Putz, eu pegava uns livros aí e não sabia fazer quase nada, então, eu espero que o curso ajude nisso, coisas conceituais assim, etc. Na prática, aqui no trabalho eu não tenho certeza. Como físico era muito importante que eu soubesse. Isso talvez vai me ajudar a interpretar as coisas que leio, relatórios etc. A disciplina valeu nesse sentido de evolução e o jeito que ela foi colocada foi legal. Apesar de talvez ter feito a opção errada... apesar da ansiedade de querer tirar nota... apesar também que eu não tinha tempo, chegar na última hora e estudar não é legal... acho até que valeria estudar com o 1, com o 5 e com o 2, mas não quis e não tinha tempo também. (E-final)

Discente 4:

a) relação com o mundo

Observando as notas (tabela 2) podemos verificar que o aluno 4 teve, dentre os alunos envolvidos nessa pesquisa, o desempenho mais regular, ou seja, suas notas, mesmo com a possibilidade de refazer as provas, não aumentaram muito, já que nas primeiras oportunidades de resolução das provas ele obteve um bom rendimento. Esse fato ilustra uma intensa relação desse aluno com o mundo, com o curso, com o conteúdo em si, com a linguagem da Física. Podemos verificar esse fato quando observamos a maneira como ele se expressa em relação aos exercícios desenvolvidos ao longo dos três módulos da disciplina:

FAZ UMA GERAL NA PROVA AÍ.

O um é tranquilo [...] No dois é um lançamento de um projétil, é tranquilo também, para a horizontal a força é nula, é um movimento retilíneo uniforme, deu a mesma coisa que para o exercício 1. O negócio pega quando é aqui, na vertical. (E-1.1)

MAS FICOU ALGUM EXERCÍCIO POR FAZER?

Eu acho que o três e o quatro ficaram meio incompletos. O três, especificamente, ficou incompleto. Na hora que chegou a matemática o bicho pegou... resolvi a alternativa a e a b. Na letra c ferra por causa da matemática. Tem uma integral aqui que é o bicho. (E-1.1)

Entretanto, como pudemos observar, 4 apresentou algumas dificuldades quanto a alguns problemas encontrados nas provas aplicadas ao final de cada módulo. Todavia, mesmo se deparando com algumas dificuldades, 4 se mostrou bastante 'sintonizado' em relação aos formalismos abordados durante o curso. Em determinado momento, uma das questões pedia para que se obtivesse a lagrangiana de um sistema no qual existia a ação de uma força dissipativa. Logo na primeira oportunidade que teve para resolver a prova, 4 percebeu que existia ali algo diferente do que ele já havia resolvido. Vejamos o diálogo abaixo:

E AÍ, RESOLVEU TUDO?

Com algumas dúvidas, mas resolvi sim. O problema um foi tranquilo, sem problema... bem, só um na verdade, quando o cara fala para obter a lagrangiana com atrito. Não dá para obter com atrito. Eu vou usar a equação de lagrange na forma geral. Aí tá errado... (E-2.1)

O QUE ESTÁ ERRADO?

Eu não posso escrever que existe lagrangiana. É um problema conceitual. Eu acho que aqui não tem essa lagrangiana [...] O problema dois, era do lançamento de projétil... esse foi na boa. A lagrangiana é fácil de determinar (E-2.1)

Na entrevista sobre seu desempenho na prova 2.2 4 voltou a falar sobre esse ‘problema conceitual’:

É, foi um problema conceitual... da primeira vez que eu tinha feito ela, eu não tinha atentado para isso. Depois é que eu fui ver que eu estava escrevendo a equação de lagrange para um sistema conservativo só que eu estava trabalhando num sistema que não era conservativo. Isso foi um problema conceitual que eu lendo a parte de conceito da lagrangiana, aí eu vi que foi um equívoco. (E-2.2)

No trecho citado acima podemos perceber indícios sobre a maneira que 4 encontrou para transpor suas dificuldades, no entanto, trataremos desse aspecto mais adiante.

Voltando a expor a respeito de sua relação com o mundo, encontramos outro trecho no qual 4 explicita mais uma vez que encontrou a solução daquele ‘problema conceitual’ citado há pouco:

O QUE É VOCÊ ACHA QUE FEZ CERTO NA PROVA?

O um, o dois e o três é tranquilo. Só no um aqui... na hora do... que tem uma força, que é a resultante, que é o atrito, que, no caso, o sistema tinha que ser conservativo... e aí, você não pode mais usar aquela Hamiltoniana, que é $H = T + V$, daquele jeito lá, porque o sistema é conservativo. Você não pode usar ela aqui. Então teria que usar uma fórmula mais generalizada dela para considerar essa força externa, que no caso, a Lagrangiana tem uma, onde entra a força externa. O dois e o três é tranquilo, o quatro, ele parece ser muito difícil, mas na hora que você mexe nele, não sei, parece que não é tão assim... complicado. (E-3.1)

b) relação com o outro

Como pudemos acompanhar, o aluno 4 demonstrou ter intimidade com a linguagem, com o formalismo newtoniano, bem como, facilidade em adquirir

formalismos novos – casos do formalismo Lagrangiano e Hamiltoniano. Esse fato, ao que tudo indica, foi preponderante na relação estabelecida entre 4 e os outros – amigos, colegas. Vejamos o diálogo abaixo:

NA HORA DE ESTUDAR, VOCÊ O FEZ SOZINHO OU COM ALGUÉM?

Olha, eu estudo muito sozinho, mas eu acho que só estudar sozinho parece que não é suficiente. Parece assim, que eu tenho alguma coisa de chegar e... igual, todo mundo, o 1, o pessoal, fica tudo me perguntando, e assim: ensinar para alguém, não sei se eu ensino certo, ou não, parece que quando eu ensino eu aprendo mais ainda. Parece que quando eu ensino eu vejo aquilo de um outro ângulo, do que quando eu estou estudando sozinho. Aquilo vai me dando a possibilidade de conhecer os vários pontos que eu tenho problema, nos exercícios, nos conceitos, isso parece que vai clareando a cabeça, estudar sozinho e ensinar, nem que seja uma passagem pequena, bem rápida, mas ajuda. (E-3.2)

QUANDO VOCÊ ESTUDAVA, VOCÊ O FAZIA COM ALGUÉM QUE TE ENSINAVA OU COM ALGUÉM QUE VOCÊ ENSINAVA?

Eu estudo, vamos supor que eu coloque uma escala de aprendizagem, de 0 a 100. Quando eu estudo eu aprendo até 70. Parece que quando eu ensino alguém, eu completo o resto até 100. Parece que quando eu ensino alguém, eu costuro minha aprendizagem. É um arremate. Quando eu ensino, parece que dá uma segurança no que eu aprendi. Vai consolidando o que eu aprendi. (E-3.2)

c) relação consigo mesmo

O que levou 4 a manter-se matriculado no curso e chegar ao seu final e buscando melhorar suas notas? As respostas a essas questões parecem estar vinculadas à relação que 4 estabeleceu consigo mesmo. No diálogo mostrado abaixo podemos observar seu relato sobre a evolução de suas notas, bem como, sobre seu aprendizado de modo geral; sobre a satisfação que 4 demonstrou em aprender uma nova linguagem.

EU QUERIA CONVERSAR UM POUCO SOBRE A EVOLUÇÃO DAS SUAS NOTAS, DESDE O COMEÇO DO CURSO.

Eu acho que foi, como eu tinha dito da outra vez, eu fui conhecendo a linguagem da lagrangiana, da hamiltoniana, sei lá, eu acho que cada hora que eu ia resolvendo um exercício, eu ia conhecendo onde ia dando problema, onde não dava, o que eu podia fazer, ou não podia, eu acho que eu fui me familiarizando com o conceito da hamiltoniana e da lagrangiana. (E-3.2)

COMO É QUE FOI O CURSO? FAZ UM PANORAMA GERAL AÍ.

Eu acho que o bom foi eu conhecer a lagrangiana, a hamiltoniana, mas... eu não sei se pelo andamento da turma... mas eu acho que poderia ter aprofundado mais, talvez até resolvido mais exercícios... mas eu acho que foi bom. Para mim eu acho que a vantagem foi essa: de ter conhecido um caminho diferente para a física e para a mecânica. (E-final)

ISSO TE AJUDA DE ALGUM JEITO?

Ajuda. Se um dia eu estiver em uma situação de sala de aula e aparecer um pentelho... porque sempre tem um moleque que vai chegar com uma situação, com um problema para tentar ferrar o professor... aí eu acho que a newtoniana fica meio limitada para você conseguir provar alguma coisa, e quando você usa uma linguagem mais elaborada, eu acho que a gente tem uma ferramenta a mais para encarar um exercício. (E-final)

Por meio do diálogo exposto abaixo, podemos verificar outro fato interessante. 4 encarou como desafio a melhora de suas notas. O fato de não tirar nota máxima em cada prova levou-o a questionar-se sobre seus limites e buscar sua melhora:

A QUESTÃO DE REFAZER AS PROVAS, COMO FOI PARA VOCÊ?

Eu encarei como um desafio, por que é que eu não posso tirar dez? Tem algum ponto que está com problema, então eu tinha que descobrir esse ponto. (E-3.2)

NESSE CURSO DE AGORA, VOCÊ TEVE FACILIDADE OU NÃO?

Olha... no começo, para mim, parece que era diferente, era pouco... parece que dava um certo incômodo você pegar e começar a trabalhar com uma maneira nova de começar a resolver os problemas, tudo... não sei... acho que se for para o lado mais... vamos tentar fazer uma metáfora assim: tudo é uma questão de linguagem... os problemas eram quase os mesmos era só o jeito de resolver, então era só uma linguagem... era assim... era o matrix. O cara está lá, o Neo. Ele não conhecia muito bem a linguagem da matrix aí chegava aqueles vírus e batiam nele. Chegou uma hora que ele olhava pro negócio e via lá a programação, conhecia a linguagem, então ele quase previa o que ia acontecer. (E-formação)

Discente 5:

a) relação com o mundo

Conforme fora exposto, 5 foi o aluno mais experiente dentre aqueles que participaram do curso. Formado em Física, 5 encontrou certa facilidade ao longo de todo o curso. Podemos verificar esse fato tendo como exemplo o diálogo abaixo:

O QUE O EXERCÍCIO UM PEDIA MESMO?

Ele queria encontrar a equação do movimento do carrinho, a posição do carrinho e a velocidade do carrinho. Então, tinha que fazer, na verdade, duas integrações e... primeiro, tinha que montar a equação Newtoniana dele, vamos dizer assim, depois fazer uma integral, para achar a velocidade, depois fazer outra, para encontrar a posição. Ah... ele tinha duas situações, na situação um, não havia força nenhuma, daí, eu comecei o exercício supondo que ele tinha uma velocidade inicial, não nula, ou seja:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0$$

. Depois, fiz aquela algebrinha... integrei de 0 a t, para encontrar

$$\frac{dx}{dt} = v$$

a velocidade com o tempo. Depois, fiz que $\frac{dx}{dt} = v$, fiz as duas integrais, encontrei x de t... é uma equação meio batida, a gente faz isso meio direto... (E-1.1)

VOCÊ SABIA ONDE IA CHEGAR RESOLVENDO ESSA CONTA?

Para te falar a verdade, não... eu não parti de nenhum pré-suposto. Eu simplesmente fiz a integral, aí eu conheci, que já tinha visto essa equação algumas outras vezes, então, como essa equação final... ela já é a equação para o movimento uniforme. Tendo força nula, eu deveria chegar nisso aqui. Quando eu cheguei no final, falei: bom deve estar certo porque essa equação é do movimento uniforme. (E-1.1)

Entretanto, em alguns casos – em determinados problemas – 5 encontrou alguns obstáculos:

E O TRÊS?

Ele falava do sistema massa-mola. Eu fiz até uma parte. Quando eu cheguei numa última integral, falei: vixi... isso aqui não... o problema é que na letra c... eu já tinha essa equação aqui, eu me perdi, eu não consegui... eu deixei indicado aqui... aqui está a velocidade em função do tempo... (E-1.1)

Ainda que alguns percalços ocorressem ao longo do curso, 5 mostrou-se empenhado em melhorar a cada novo passo. Durante os diálogos mantidos com ele ao final das provas, observamos certa insatisfação e, de certa forma, alguma preocupação em relação a suas notas, bem como, em relação ao seu aprendizado:

Não, eu não consegui achar esse caminho. Agora, eu vou te dizer: eu vou achar. Minha nota... assim, deve ficar entre... os dois primeiros eu resolvi... deve ficar entre... não sei... (E-2.1)

VOCÊ TIROU QUANTO NESSA PROVA MESMO?

7,5. Foi a pior prova que eu fiz até agora. (E-3.2)

MAS COM ESSA OPORTUNIDADE DE REFAZER A PROVA, VOCÊ ACHA QUE CONSEGUIU RECUPERAR SUA MÉDIA?

Eu errei duas questões nessa prova, então... e uma parte conceitual séria... a questão que a hamiltoniana é para sistemas conservativos... ela é usada para sistemas conservativos... eu estava querendo usar a hamiltoniana para tudo... e não, tem uma situação aí que não... não sei, pode ser que eu tenha feito besteira até em falar isso... mas pelo que eu entendi até agora, eu estava querendo usar para tudo... mas não é bem assim. (E-3.2)

b) relação com o outro

Ao longo de sua evolução, 5 obteve, de certa forma, um apoio dos colegas no que se refere à resolução de problemas durante seus estudos, entretanto, o apoio encontrado não foi de alguém que necessitava de ajuda pois não conseguia desenvolver os cálculos envolvidos em determinadas situações de alguns exercícios ou, ainda, por desconhecer alguma lei ou fundamento físico. Era, sobretudo, uma forma de interação, de convívio social:

Teve o pêndulo cônico que nós resolvemos...

ESSE É UM PROBLEMA COMPLICADO?

Depende de como você ataca ele, agora eu já entendi... quando eu vi pela primeira vez, eu olhei assim... não entendi como é que fazia, mas a gente discutiu com os colegas, peguei... eu falo que entendi sozinho mas às vezes o 3 me ajudou a começar o problema, quando eu começava a fazer eu já sabia. Os colegas me ajudaram a dar aquele start, a iniciar a resolução. (E-formação)

c) relação consigo mesmo

Ainda que 5 tivesse cursado Física há alguns anos, obtendo a licenciatura e bacharelado, certos pontos relativos aos formalismos – lagrangiano e hamiltoniano – abordados ao longo do presente curso foram, para ele, clarificados. Vejamos o diálogo abaixo:

ESSES PROBLEMAS, POR EXEMPLO, QUEDA LIVRE, MOVIMENTO, MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES, VOCÊ JÁ TINHA LIDADO COM ELES?

Já. Especialmente na mecânica quântica, que tem... e também com a hamiltoniana. Eu já tinha resolvido, mas eu não tinha entendido como é que funcionava o método. Mesmo a mecânica quântica, eu tinha usado hamiltoniana já, mas eu não sabia como que fazia. Eu também já tinha visto lagrangiana também, mas é daquele jeito: tudo bem, é assim, assumo que é assim, mas eu não tinha entendido como é que fazia, desde o princípio... o que me ajudou agora foi que eu vi o problema assim... peguei um probleminha simples e resolvi com um método poderoso, e entendi... cheguei num resultado que eu sabia, que era previsível pela Newtoniana. (E-formação)

ISSO TE AJUDOU?

Sim, com certeza. Foi assim que eu percebi que o método funcionava. Aí, quando você vê que ele funciona, você aplica a coisas mais complicadas. Isso me ajudou. Isso, nas minhas aulas eu vou usar. Mesmo que eu esteja utilizando o método mais difícil do mundo, eu vou pegar um probleminha bem simples e vamos testar o método. Depois nós vamos melhorando. Eu pretendo usar nas minhas aulas isso aí... até... se eu for dar matemática um dia, matrizes, pega uma matriz... aplica para uma de segunda ordem, o método de uma de quarta ordem, para ver se funciona, depois passa para quinta, sexta ordem, se for o caso, é essa a idéia... (E-formação)

Durante a entrevista realizada após a prova 1.2, 5 demonstrou estar descontente com seu desempenho, ainda que não tivesse obtido um mau resultado na prova 1.1. Ele aponta alguns erros cometidos e fala sobre aquelas dificuldades:

Eu fiquei surpreso. Eu achei que tinha errado a última questão, mas eu fiz certo. Eu estava meio assim... não estava confiante, mas eu fiz tudo que tinha que fazer, né... só que eu descobri que meu problema está em cálculo mesmo... eu errei a terceira, de novo, eu não consegui, estou bravo... estou bravo porque não consegui... eu repeti tudo, tudo que eu fiz na primeira, eu fiz de novo, dei uma revisada, mas essa questão 3 ali... essa integral, cheguei num momento que: como é que eu vou separar aquelas variáveis? (E-1.2)

Ao longo do curso 5 fez referência a uma doença que o acometia desde a época em que cursou Física, segundo ele, ela se chamava 'lagrangite'. No entanto, após o módulo que tratava do assunto, o aluno demonstrou ter superado sua 'enfermidade'. Vejamos o diálogo abaixo:

O QUE É LAGRANGITE MESMO?

É um termo que eu inventei... eu tinha medo de fazer lagrangiana, eu até sabia, já tinha feito curso antes, mas eu tinha... eu não entendia como é que funcionava, o que que o método... qual era o objetivo do método, eu não tinha entendido o método. Agora eu entendi, entendi a facilidade, porque ele ajuda... mesmo que eu tenha várias coordenadas, isso facilita bastante para resolver os problemas. Então, realmente facilitou... eu nunca ia enfrentar esse pêndulo duplo com outro método, para mim facilitou bastante. Eu senti... eu pude sentir a utilidade dos métodos... a explicação, foi simples, foi

direto e deu exemplos, isso daí, para mim, foi o que eu precisava para aprender esse conteúdo. Não teve rodeios, não teve problemas mais complicados, partimos de problemas simples, para depois atacarmos problemas mais complicados. Eu senti isso no meu aprendizado aqui. Eu senti que... eu não sei se eu sei fazer tudo, mas eu senti que eu aprendi a aplicar o método. Isso que eu achei legal. (E-2.2)

Para fazer a prova do último módulo, 5 relata que se esforçou mais do que normalmente o fazia. Ele ainda cita, durante a entrevista feita após a realização daquela prova, que chegou a recordar do exercício três, feito na prova do módulo anterior, para que pudesse obter uma boa nota naquela avaliação:

E AÍ 5, FOI BEM?

Acho que sim. Me quebrei um pouco aí mas... eu achei fácil a prova, de um modo geral, foi fácil. Se bem que eu estudei bastante, eu estava meio... eu tinha dado uma atrasada nos estudos de mecânica, por uns problemas que eu tive... mas acho que agora consegui tirar o atraso.

E NO TRÊS, FOI TUDO BEM?

O três sim... vou até te confessar uma coisa: eu tinha... eu cheguei ontem, eu comecei a estudar, não tinha mais o que fazer para estudar, eu olhei assim... eu boleei um parecido com o 3 e resolvi ontem... então, eu tinha uma idéia de como é que se fazia. Eu lembrei de uma das provas que tinha esse problema e aí, eu fiz de novo ontem. Eu tentei achar a hamiltoniana. Daí, na hora eu lembrei como é que eu fiz ontem... eu não copieei nada... eu fiz tudo de cabeça. (E-3.1)

Por fim, 5 destaca que sua insegurança quanto à utilização dos métodos abordados durante o curso de mecânica clássica se dissolveu. Ele chega a dizer que durante seu aprendizado consultava outros materiais, resoluções de exercícios, etc. No entanto, depois desse ponto, passava a desenvolver tudo ‘de cabeça’:

MAS, DURANTE SEUS ESTUDOS VOCÊ CONSULTAVA?

Sim, até aprender a fazer... eu tinha dúvida de como aprender a fazer o método... de não saber desenvolver alguma coisa. Então, eu treinei até aprender como é que aplica o método de Hamilton. Gostei, acho que aprendi. (E-3.1)

6 ANÁLISE DE DADOS

6.1 SOBRE A RELAÇÃO COM O SABER

O que poderíamos dizer a respeito da relação dos sujeitos da pesquisa com o saber envolvido no curso de Mecânica? Certamente suas relações com esse conteúdo mudaram substancialmente, para melhor. Com certeza tal envolvimento é fruto de um esforço pessoal. Mas o que faz as pessoas entrarem em ação? Ou, voltando a uma de nossas questões: o que teria levado tais alunos a investir no curso, enfrentarem suas dificuldades, refazerem várias vezes a mesma prova e melhorarem suas notas até a conclusão da disciplina? Em busca de respostas para essa questão procederemos com a análise dos dados expostos tendo em vista nossos referenciais teóricos.

Observando os trechos das entrevistas apresentadas destacamos que, tanto para o aluno 1, como para o 2 fica evidente que a permanência dos discentes no curso, até a conclusão do mesmo, passou por uma estreita *relação com o outro*. Para Charlot (2000, p. 72), “[...] aprender faz sentido em referência às suas relações com os outros, à imagem que tem de si e à que quer de si aos outros [...] esse outro é aquele que me ajuda a aprender matemática [...]”.

Nota-se, mediante as falas há pouco citadas, que boa parte da dificuldade encontrada durante a resolução dos exercícios das provas foi suprida com o contato posterior com outros alunos, em particular os alunos 4 e 5, que tinham uma formação completa em Física. Certamente, portanto, esses *outros* tiveram um papel preponderante na aprendizagem de 1 e 2, no transcorrer da disciplina. Uma hipótese passível de ser confirmada é que a sustentação desses indivíduos, no curso, se deu mediante uma estreita relação, principalmente com o aluno 4, além das relações entre eles próprios. Em suas falas podemos verificar esse fato: “...estudar com alguém, tirava as dúvidas nossas” (aluno 2). “Estudei... bastante. Estudei com o 4, com o 2 e estudei com o 5, um pouco. (aluno 1).

Especificamente sobre o aluno 1, destacamos um ponto relevante sobre a maneira como ele compara seu desempenho aos de seus colegas. Em sua fala podemos encontrar, por exemplo, essa passagem: “[...] chegaram nessa coisa

monstruosa aqui, que é essa raiz aqui, eles não souberam resolver [...] fui tentando e eu fiz um pouco mais do que eles fizeram.” (aluno 1). Nela podemos constatar que para ele era importante que as pessoas a sua volta soubessem de seu esforço, de seu desempenho.

Ainda dentro da categoria *relação com o outro*, observamos que com os alunos 3, 4 e 5, que tinham formação inicial em Física, a rede de relações se deu de maneira diferente.

No caso do aluno 3 observamos que ele admite ter consultado colegas ao longo de seus estudos: “Sim, eu estudei, consultei colegas, etc. Algumas coisas que a gente não sabia...” (aluno 3). Todavia verificamos que ele buscou, em determinado momento, o auxílio de certo colega, aluno 4, para que lograsse êxito na resolução da questão número três das provas. Em suas palavras: “eu até vi a resolução do aluno 4 e parece que existe algum truque... mas eu continuei na minha opção de não alterar...” (aluno 3). E, como pudemos verificar, o discente 3 não quis reformular sua resolução para aquela questão mesmo sabendo que poderia estar incorrendo em um erro, já que, observando suas notas, constatamos que são sistematicamente mais baixas do que as de 4.

Em determinado momento, 3 assim se expressa: “preferi não comentar com os colegas. Já discuti com o 4, ele tem uma opinião eu tenho outra... ou ele está certo, ou eu estou [...]” (aluno 3). Por meio do que foi dito por 3, podemos inferir que, ainda que buscasse ajuda para obter um melhor desempenho, 3 encontrava-se demasiadamente preocupado com sua imagem frente aos outros, fato que o levou a um certo distanciamento das relações com os alunos, colegas de turma. Isso pode ser facilmente constatado quando observamos o trecho a seguir, no qual ele responde se havia estudado sempre sozinho. Ele assim se expressou: “Sempre. Em função do meu trabalho e, esse negócio de estudar de última hora não dá certo [...]” (aluno 3)

Já no caso do aluno 4 as coisas se deram de maneira diferente. Observando as relações estabelecidas por esse aluno com seus colegas verificamos que o mesmo representava a figura de um sujeito que possuía um diferencial, um certo domínio a mais do conhecimento, do mundo no qual estavam todos inseridos. Sem exceções, todos os outros alunos chegaram a procurá-lo para tirar dúvidas. Quando questionado se estudava sozinho ele citou que:

Olha, eu estudo muito sozinho, mas eu acho que só estudar sozinho parece que não é suficiente [...] todo mundo, o 1, o pessoal, fica tudo me perguntando, e assim: ensinar para alguém, não sei se eu ensino certo, ou não, parece que quando eu ensino eu aprendo mais ainda. (aluno 4).

De certa forma, podemos inferir que esse aluno além de não se incomodar com a procura de seus colegas, gostava dessa procura já que para ele isso o ajudava em seus estudos. Em suas palavras: “Quando eu estudo eu aprendo até 70. Parece que quando eu ensino alguém, eu completo o resto até 100 [...]” (aluno 4).

Embora alguns alunos buscassem apoio, ajuda para resolver determinados problemas etc, isso não se mostrou como uma regra. Quando observamos os dados provenientes dos relatos do aluno 5 constatamos exatamente isso. Embora houvessem ocorrido situações nas quais esse aluno interagiu com seus colegas, isso não se deu de maneira sistemática – podemos constatar isso por meio dos relatos dos demais alunos e, inclusive, o dele próprio. O aluno 5 teve contato um pouco mais intenso com 3, nos momentos em que resolviam exercício em sala de aula. No mais, durante seus estudos preparatórios para as provas, 5 estudava sozinho. Em suas palavras: “[...] eu falo que entendi sozinho, mas, às vezes, o 3 me ajudou a começar o problema, quando eu começava a fazer eu já sabia.” (aluno 5).

Na categoria relação consigo mesmo encontramos mais algumas revelações interessantes sobre as relações estabelecidas pelos alunos durante o curso.

Embora o aluno 1, como ele mesmo relata, durante sua graduação não tivesse tido um contato significativo com conteúdos relativos à Física e não gostasse da disciplina: “Eu não tinha nada a ver com a Física e não queria nem saber de Física.” (aluno 1), durante esse curso ele se empenhou, dedicando maior atenção a conteúdos nos quais havia encontrado intensas dificuldades: “Sinceramente eu estudei muito, fiz de novo, todos os exercícios de equação newtoniana, né... procurei me concentrar dentro desse modelo” (aluno 1). Ainda que suas dificuldades fossem vigorosas, 1 se mostrou consciente dos avanços obtidos ao longo do curso: “[...] eu sinto que houve um avanço muito grande da minha parte, desde a época que eu comecei o curso aqui [...] eu acho que eu comigo mesmo, eu diante do saber, da equação Newtoniana houve um avanço. Pelo menos eu entendi o mecanismo como

é que faz.” (aluno 1). Outro fator relevante da relação estabelecida por 1 consigo mesmo pode ser observado a seguir: “[...] a adrenalina sobe tanto que é uma coisa que vicia mesmo. Enquanto você não consegue, enquanto você não chega naquele objetivo, você não consegue desligar.” (aluno 1). Percebemos, assim, que o aluno 1 mostrou-se enebriado, entorpecido pela Física, mobilizado a buscar um objetivo, uma meta. Mas um fator marcante desse aluno, dentro da categoria em que estamos a analisar, é a marca estabelecida por ele, dentro desse contexto, por um certo narcisismo: “Eu estou muito feliz com meu 8,0 (prova 3.1). É sinal que houve um avanço e tanto né? Da newtoniana para a lagrangiana e para a hamiltoniana é... o sucesso é todo meu...” (aluno 1).

Destacamos também que o aluno 1 demonstrou certo conforto e satisfação a partir do momento em que começou a entender aquilo que estava fazendo, tirando boas notas, citando, ainda, que se sentia dependente daquele conteúdo: “... assim, a Física é algo que deixa a gente meio que viciado [...] Eu estou muito feliz com meu 8,0” (aluno 1).

Em certa similaridade com o aluno 1, o discente 2 também demonstrou intenso interesse em se apropriar do mundo no qual estava inserindo-se, esforçando-se e buscando a melhora de seu aprendizado, ainda que não tivesse tido nenhuma disciplina de Física em sua graduação. Todavia, percebemos que os aspectos relativos a sua projeção de vida futura – cursar um mestrado – influenciaram de maneira decisiva no seu engajamento durante todo o curso. Em suas palavras: “Eu quero primeiro estudar, para depois... para depois tentar trabalhar na faculdade” (aluno 2). Somado a esse fato, destacamos sua vontade de aprender, de buscar sua melhora: “Mas eu acho que estudar é mais uma coisa minha do que questão do mercado de trabalho” (aluno 2).

No caso do aluno 3, embora pudéssemos dizer que os elementos que o fizeram manter-se no curso, mobilizado, engajando-se na melhora de suas notas e aprendendo cada vez mais fossem similares aos dois alunos anteriores, isso não seria o ideal. Podemos dizer que seu desempenho esteve ligado as suas dificuldades conceituais encontradas em alguns exercícios, como pudemos observar em suas falas, durante a apresentação dos dados. Esse aluno cita que fez uma exigência a si próprio, para ver como ia seu aprendizado e melhorar esse aspecto pessoal: “Eu fiz uma exigência a mim mesmo, ver como vai meu aprendizado. [...] Acho

que essa evolução tem que ser exatamente nesse sentido: de ver onde você está falhando e ir melhorando... é uma coisa meio pessoal, é você e os livros” (Aluno 3).

Para o aluno 4, que não demonstrou dificuldades de aprendizagem durante o curso, podemos conjecturar que sua permanência e engajamento durante o período em que esteve matriculado nessa disciplina se deu pelo fato dele se encontrar frente a frente com novos desafios, com o aprendizado de uma nova linguagem que, segundo ele, foi algo que lhe trouxe benefícios: “[...] eu acho que foi bom. Para mim eu acho que a vantagem foi essa: de ter conhecido um caminho diferente para a física e para a mecânica. [...] Eu encarei como um desafio[...]

” (Aluno 4).

De certa forma, o caso do aluno 5 possui certa similaridade com o aluno 4, uma vez que, seu comprometimento e dedicação frente ao curso de mecânica se deu, de fato, por uma questão pessoal de ordem estritamente técnica. Esse aluno já havia feito o curso de mecânica em sua graduação, entretanto, não conseguiu entender, de maneira efetiva, os formalismos abordados naquele momento. Ele cita ainda que sofria de um mal que o afligia, a “lagrangite”, decorrente de suas dificuldades naquela época, frente ao conteúdo. O aluno ainda cita que gostou de ter feito o curso e de ter, de certa forma, solucionado sua ‘patologia’: “Eu já tinha resolvido, mas eu não tinha entendido como é que funcionava o método [...] eu tinha usado hamiltoniana já, mas eu não sabia como que fazia [...] Isso que eu achei legal” (aluno 5).

Finalmente, a questão da relação com o mundo, em particular, com o conteúdo.

Invariavelmente os alunos – sujeitos da pesquisa – citaram que começaram a gostar de resolver problemas, de aprender um novo conteúdo, de transpor obstáculos e vencer desafios impostos a eles durante o curso.

Para o aluno 1 observamos que, embora não tivesse tido conteúdos ligados diretamente à Física e relatado que não tinha nada a ver com essa disciplina durante sua graduação, ele se disse seduzido pela Física. No entanto, um fator recorrente em sua fala ao longo das entrevistas realizadas mostra que esse sujeito estava empenhado, de fato, em melhorar suas notas – muito mais do que em refletir sobre seu aprendizado: “Então, minha nota tinha que ser 8,5 e não 8,0, mas tudo bem. [...] Eu espero que você me dê pelo menos 9,1 ou 9,5 só pra manter o meu A, tá? [...] já avancei bastante... quero tirar pelo menos 7... 8 na verdade.” (aluno 1).

No caso do aluno 2, que também passou por intensas dificuldades com a Física apresentada no presente curso, tal qual 1, pois ambos não possuíam

formação em Física, destacamos que a partir de certo momento ele começa a gostar de resolver problemas: “Comecei... gostei da lagrangiana... hamiltoniana... nós já fizemos uma prova da hamiltoniana... gostei [...] Depois que começa a montar a questão vai tranquilo. A dificuldade é só na hora de montar.” (aluno 2)

Embora tivesse encontrado problemas de ordem conceitual que, por vezes, inviabilizaram suas resoluções, o aluno 3 se mostrou empenhado em construir seu aprendizado, ainda que sua imagem frente aos outros fosse, até certo ponto, arranhada. De início ele se disse “angustiado” por não conseguir resolver determinados problemas: “[...] Quando você resolve um exercício desse tipo, que é o troço mais angustiante pra gente, é o fato de você chegar numa resposta que você não consegue interpretar [...]”. No entanto, com o decorrer do curso, ele se mostrou obstinado a galgar degrau a degrau sua melhora, sua evolução frente ao conteúdo abordado: “Olha, [...] vendo a prova você consegue detectar erros que você teve, né... outras coisas eu não sabia, então eu tive que recorrer, tive que estudar em casa etc”.

Dos alunos graduados em Física, o aluno 4 foi aquele que obteve um rendimento diferenciado em termos de notas, bem como, em relação ao aprendizado de modo geral. Podemos inferir que seu bom desempenho está diretamente relacionado à intensa relação estabelecida por ele com o mundo, com o conteúdo, enfim, com a Física de modo geral. Ele, assim como o aluno 5 – que será abordado mais adiante – conseguiu captar detalhes dos formalismos abordados, como, por exemplo, exercícios nos quais não se podia fazer uso dessa ou daquela equação, uma vez que definições teóricas proibiam tal abordagem: “na verdade, quando o cara fala para obter a lagrangiana com atrito. Não dá para obter com atrito. Eu vou usar a equação de lagrange na forma geral. Aí tá errado...”.

Para o aluno 5, que também é possuidor do título de graduação em Física, destacamos seu engajamento em melhorar sempre, suas notas mas, sobretudo, seu conhecimento a respeito da teoria na qual estava envolvido durante tal curso, ainda que tivesse alcançado um bom desempenho. 5 mostrou inquietação e mobilizou-se a melhorar frente aos percalços enfrentados em determinados exercícios que encontrou em algumas provas: “[...] eu não consegui achar esse caminho. Agora, eu vou te dizer: eu vou achar.” (aluno 5).

6.2 REDE DE MÓBILES

Após a categorização feita logo acima, ponderamos que, a esse respeito, ao que nos parece, todos os fatores estão relacionados de maneira consistente numa rede de *motivos* ou *móviles* inerentes a cada sujeito (LEONTEV, 1978; CHARLOT, 2000). Ainda que seja impossível dissociar elementos subjetivos de cada indivíduo, buscaremos aqui uma compreensão mais aprofundada de tais redes.

Para Leontev, a “necessidade só adquire objetividade”, despertando a atividade e orientando o sujeito, quando esse conhece aquilo que lhe proporciona satisfação, que, em última instância, é chamado pelo autor de *objeto*. Assim, o objeto torna-se o motivo da atividade do indivíduo (LEONTEV, 1978, p. 138). Ao encontro do que preconiza Leontev, Charlot (2000, p. 54) cita que Móvil pode ser entendido como uma “razão de agir”, isso é, em última análise, o que origina a mobilização do indivíduo. Leontev (1978, p.150) destaca ainda que a atividade geralmente responde a dois ou mais motivos, pois a ação humana, de maneira objetiva, está “sempre conectada a relacionamentos: em direção à sociedade, em direção a si mesmo”.

Sendo assim, como podem ser conectados tais motivos, necessidades ou móveis, para cada sujeito envolvido nesta pesquisa?

Sob nosso ponto de vista, para o caso do aluno 1, observamos que sua permanência e investimento no curso fazem referência, sobretudo, às categorias da relação com o outro e da relação consigo mesmo, ainda que a outra categoria nos mostre detalhes importantes a seu respeito. Inferimos isso pelo fato de que 1 fez referência, em muitas oportunidades, de que o importante para ele era mostrar aos outros o quanto ele se esforçou e o quanto ele era bom naquilo, fato que nos leva a dizer que **seu motivo ou móbil central era mostrar-se capaz, ou melhor, mais capaz do que os demais** – o que o levava a um prazer sem igual: “Eu estou muito feliz com meu 8,0 (prova 3.1). É sinal que houve um avanço e tanto né? Da newtoniana para a lagrangiana e para a hamiltoniana é... o sucesso é todo meu... (aluno 1). Nosso ponto de vista parece ser ratificado quando observamos outro trecho de sua fala:

No exercício três tem um problema: tanto o 5 e o 4 chegaram nessa coisa monstruosa aqui, que é essa raiz aqui, eles não souberam resolver. [...]. E aí, um pouco que eu entendi lá eu fiz mais um pedaço aqui, que eu não sei de onde saiu, mas enfim... fui tentando e eu fiz um pouco mais do que eles fizeram. (aluno 1)

No caso do aluno 2, encontramos referência, e uma maior importância, na categoria *relação consigo mesmo* no momento em que analisamos seu investimento e engajamento em aprender um conteúdo de física que, para ele, era muito complexo. Ainda que sua permanência no curso tenha sido sustentada por seus amigos, colegas de turma, encontramos a origem de sua mobilização ou, seu **motivo principal, em uma projeção de vida futura**: “Eu quero primeiro estudar, para depois... **Eu me preparar melhor...** e até o fato de que eu quero estudar, para depois **tentar trabalhar na faculdade**. Mas eu acho que é mais uma coisa minha do que questão do mercado de trabalho” (aluno 2). Em outra passagem, encontramos uma confirmação do que estamos a inferir: “[...] gostei da lagrangiana... hamiltoniana... nós já fizemos uma prova da hamiltoniana... gostei.” (aluno 2).

Para o aluno 3 podemos inferir que o fator preponderante para que ele entrasse em atividade, permanecendo matriculado no curso até o final da disciplina, está relacionado principalmente à categoria *relação consigo mesmo*, uma vez que seu **motivo principal ou móbil principal era o de se mostrar capaz a si mesmo**. Em suas palavras:

Eu fiz uma exigência a mim mesmo, ver como vai meu aprendizado. Eu poderia, como nós temos a opção de consultar o material, poderia ver resultados em livros, mas acho melhor não, pois eu estou há muito tempo mexendo com educação e deixei a mecânica de lado. Isso me inspirou a voltar até para eletro. [...] Acho que essa evolução tem que ser exatamente nesse sentido: de ver onde você está falhando e ir melhorando... é uma coisa meio pessoal, é você e os livros. (aluno 3)

O aluno 4, assim como o aluno 5, demonstrou uma grande afinidade com o conteúdo, com a Física, seja em sua fala durante as entrevistas realizadas como em sua produção escrita durante a realização das provas, e, portanto, inferimos que seu investimento no curso, sua mobilização e seus motivos, passam necessariamente por significantes contidos nas categorias *relação consigo mesmo* e *relação com o mundo*. Ao nosso ver, seu **motivo principal e, portanto, seu móbil, se encontra necessariamente em aprender algo novo, em conhecer uma nova linguagem aplicada a problemas físicos já conhecidos, bem como, somado a**

esse fato, tirar boas notas. Em suas palavras: “[...] quando o cara fala para obter a lagrangiana com atrito. Não dá para obter com atrito. Eu vou usar a equação de lagrange na forma geral. Aí tá errado...”. (aluno 4). Em outro trecho ele cita que começou a gostar do que está fazendo – outro indício de que nossas ponderações estão no caminho certo, uma vez que, para Leontev (1978, p. 145) a entrada em atividade depende de uma necessidade ou motivo e que tal movimento possui “concepções Hedonísticas²¹”, sendo a atividade do indivíduo subordinada ao princípio da “maximização das emoções positivas e minimização das negativas”:

[...] eu fui conhecendo a linguagem da lagrangiana, da hamiltoniana, sei lá, eu acho que cada hora que eu ia resolvendo um exercício, eu ia conhecendo onde ia dando problema, onde não dava, o que eu podia fazer, ou não podia, eu acho que eu fui me familiarizando com o conceito da hamiltoniana e da lagrangiana [...] o bom foi eu conhecer a lagrangiana, a hamiltoniana [...] Eu encarei como um desafio [...] (aluno 4)

Como dissemos, o aluno 5 demonstrou grande afinidade com o conteúdo, empenhando-se e buscando seu melhor a cada módulo do curso. Seu engajamento reside, sob nosso ponto de vista, em uma estreita *relação consigo mesmo*, bem como, *com o mundo*. **Seu móbil ou, ainda, seus motivos estavam relacionados, sobretudo, a uma necessidade intrínseca de aprender os formalismos expostos durante o curso**, pois, isso fazia referência a seu histórico de vida, já que, durante alguns anos, após ter tido seus primeiros contatos com tais formalismos, 5 citou que sofria de uma enfermidade denominada por ele de ‘lagrangite’:

É um termo que eu inventei... eu tinha medo de fazer lagrangiana, eu até sabia, já tinha feito curso antes, mas eu tinha... eu não entendia como é que funcionava, o que que o método... qual era o objetivo do método, eu não tinha entendido o método. Agora eu entendi, entendi a facilidade, porque ele ajuda... Então, realmente facilitou... eu nunca ia enfrentar esse pêndulo duplo com outro método, para mim facilitou bastante. Eu senti... eu pude sentir a utilidade dos métodos... a explicação, foi simples, foi direto e deu exemplos, isso daí, para mim, foi o que eu precisava para aprender esse conteúdo. Eu senti isso no meu aprendizado aqui. Eu senti que... eu não sei se eu sei fazer tudo, mas eu senti que eu aprendi a aplicar o método. Isso que eu achei legal. eu treinei até aprender como é que aplica o método de Hamilton. Gostei, acho que aprendi.

²¹ cada uma das doutrinas que concordam na determinação do prazer como o bem supremo, finalidade e fundamento da vida moral, embora se afastem no momento de explicitar o conteúdo e as características da plena fruição, assim como os meios para obtê-la (HOUAISS, 2001)

Pois bem, diante dos fatos apontados durante a análise dos dados, observamos que os fatores mobilizadores envolvidos na permanência dos alunos matriculados no curso foram, de certa forma, variados. Por meio de nossa análise podemos concluir que os *motivos* e *necessidades* (LEONTEV, 1978) ou, ainda, os *móviles* (CHARLOT, 2000) apresentados pelos alunos, sujeitos da pesquisa, em sua grande maioria são de ordem consciente. Esse fato vai ao encontro do que Leontev destaca: a “necessidade só adquire objetividade”, despertando a atividade e orientando o sujeito, quando esse conhece aquilo que lhe proporciona satisfação.

Outro dado importante a ser apontado é que, como vimos, existe um conjunto de fatores que cercam a permanência de cada aluno no referido curso. Tal fato vai ao encontro do que preconiza Leontev (1978, p. 150), já que a atividade geralmente responde a dois ou mais motivos, pois a ação humana, de maneira objetiva, está “sempre conectada a relacionamentos: em direção à sociedade, em direção a si mesmo”. Além disso, alguns motivos – além de induzir o indivíduo à atividade, também dão a ela “um sentido pessoal”.

Dessa forma, ratificamos nosso posicionamento de que, para cada sujeito existiu um fator mobilizador principal, ou seja, é possível dizer que existem *motivos* inerentes a cada aluno matriculado no curso. Isso se dá por uma razão muito clara: a singularidade de cada indivíduo provê uma perspectiva única no âmbito das relações elaboradas por tais pessoas no processo de engajamento para que se pudesse atingir uma *meta*. Em última análise, a meta seria a aprovação ao final da disciplina mediante um bom desempenho em termos de notas.

Outro aspecto importante, e que deve ser levado em consideração, é que, um fator motivador – extrínseco aos alunos – a possibilidade que cada discente teve de resolver mais de uma vez as provas aplicadas ao final de cada módulo foi preponderante para bons resultados e um possível comprometimento dos mesmos em evoluir suas notas.

6.3 CONTRIBUIÇÕES DA AVALIAÇÃO FORMATIVA

Como pudemos acompanhar até agora, os *motivos* (LEONTEV, 1978) ou *móviles* (CHARLOT, 2000) existentes para que cada sujeito conseguisse lograr

êxito, atingindo uma *meta* foram, de certa forma, variados. No entanto, um fator externo, que certamente teve seu papel na evolução do aprendizado dos alunos foi a utilização da avaliação formativa.

A oportunidade de refazer as provas levaram os alunos a identificarem seus erros e acertos, podendo assim, evoluir em seu aprendizado, gerindo e dedicando o esforço necessário em cada etapa, como destacam Bloom, Hastings e Madaus (1971, p. 60).

Como exemplo do que estamos a dizer, citamos alguns trechos dos diálogos mantidos com os sujeitos 1, 2 e 3, participantes do curso:

Na primeira vez que eu fiz, eu achei o V, eu pensei que quando não há atrito tinha V e na verdade não tem V em nenhuma das duas situações, nas duas situações o V vale zero.

VOCÊ CONSTATOU ISSO MEDIANTE A QUÊ?

Agora estudando para refazê-la. O carrinho não sobe nem desce, por isso que o V é zero e eu não tinha percebido isso. (ALUNO 1, prova 2.2, sobre o exercício 1)

FALA 3, O QUE VOCÊ FEZ HOJE?

Refiz uma prova que eu tinha feito há umas 4 semanas atrás, de formulação newtoniana.

E AÊ, VALEU PRA VOCÊ?

Olha, é interessante pelo fato de você ter... eu consegui um... vendo a prova você consegue detectar erros que você teve, né... outras coisas eu não sabia, então eu tive que recorrer, tive que estudar em casa etc. (ALUNO 3, prova 1.2, sobre a prova do módulo 1)

FALA AÍ 1, VOCÊ REFEZ A PRIMEIRA PROVA?

É, refiz a primeira prova. Eu acho que eu avancei um pouquinho, entendi, pelo menos aqueles conceitos que eu tinha errado na primeira prova (ALUNO 2, prova 1.2, sobre a prova do módulo 1)

Diante dessas falas, gostaríamos de lembrar o que Perrenoud (1999, p. 78, 96) cita sobre a avaliação formativa. Para ele, esse tipo de *ação educativa* consiste em “toda avaliação que ajuda o aluno a aprender e a se desenvolver”. Nesse sentido, consideramos existente a tendência de estímulos favoráveis no tange a *autorregulação*, reforçando as capacidades de cada sujeito em gerir, ele próprio, seus projetos, progressos, bem como, estratégias, diante das tarefas e obstáculos propostos ao longo de todo processo de aprendizagem.

Outro fator sobre o qual gostaríamos de lançar especial atenção trata da formação dos chamados *grupos niveladores* (RUIZ, 2000). Como já havíamos destacado – ao explanarmos sobre as *relações com o saber* desenvolvidas pelos alunos ao longo do último capítulo – os discentes que encontraram certas dificuldades em assimilar determinados conteúdos buscaram dirimi-las com o auxílio de amigos, participantes do curso, que mostravam mais habilidade e propriedade daquilo que estava sendo aprendido. Segundo Ruiz (2000), essa é uma das “funções mais interessantes da avaliação formativa”, uma vez que, a classe pode se tornar um “centro harmonioso de trabalho criativo e eficaz”.

Destacamos algumas falas dos sujeitos da pesquisa que evidenciam essa ponderação:

eu acho que, tirando as dúvidas com o 4 com o 5 e com o 1, eu tirei as dúvidas do que eu tinha errado na outra prova, se bem que na outra prova eu não fiz quase nada. Então, eu tive que fazer toda a prova novamente.

DA PRIMEIRA VEZ VOCÊ TINHA RESOLVIDO QUANTOS EXERCÍCIOS?

Eu acertei um pedaço do exercício 1 e um pouco do exercício 2.

E HOJE?

Eu fiz todo o 1, todo o 2, o 3, 80%, porque cai numa integral, e o 4, daquele campo elétrico, eu nem tinha feito nada na prova 1, agora eu fiz um pouco... tirando dúvidas com o 4 e com o 5. (ALUNO 2, prova 1.2)

VOCÊ ESTUDOU PRA FAZER ESSA PROVA?

Sim, eu estudei, consultei colegas, etc. algumas coisas que a gente não sabia... (ALUNO 3, prova 1.2)

VOCÊ ESTUDOU?

Estudei... bastante. Estudei com o 4, com o 2 e estudei com o 5, um pouco. (ALUNO 1, prova 1.2)

Diante dos trechos citados acima, acreditamos que houve, de certa forma, a implementação de grupos de estudo, nos quais alunos possuidores de dificuldades ‘tiravam’ suas dúvidas com colegas que sabiam resolvê-las.

Dessa forma, evidenciamos uma estreita conexão existente entre as proposições de Charlot, sobre a temática da *relação com o saber*, especialmente da categoria que trata da *relação com o outro*, e as concepções teóricas da avaliação

formativa. Segundo Rotger, a interação social dos indivíduos em sala de aula “relação consigo mesmo e seus companheiros”, constitui um dos fundamentos – em suas palavras, “conteúdos básicos”²² (ROTGER, 1990 apud RUIZ, 2000) desse tipo de ação educativa.

6.3 PERSPECTIVA KUHNIANA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DOS ALUNOS 1, 2 E 3.

Observando os dados referentes às falas dos sujeitos contidas nas entrevistas elaboradas após as avaliações abordadas neste trabalho e tendo como referência as idéias de Thomas S. Kuhn a respeito do aprendizado em Física faremos alguns assinalamentos em direção às evoluções apresentadas pelos discentes em questão.

Como evidenciamos na seção 2.4, o pensamento de Kuhn a respeito do aprendizado em Física possui pontos de aproximação com os demais referenciais teóricos e, diante disso, gostaríamos de enfatizar a evolução do aprendizado dos sujeitos da pesquisa que, sob nosso ponto de vista, faz referência a dois pontos principais, presentes nas preconizações de Kuhn, a saber, a) a exposição sistemática dos estudantes a situações exemplares e b) convívio com pares mais experientes²³, mais fluentes em relação à linguagem da Física.

Nos casos dos alunos 1 e 2, percebemos uma mudança em seus discursos a respeito da resolução de exercícios contidos nas provas. Essa mudança é notória ao compararmos suas falas referentes a realização das provas em primeira oportunidade, ou seja, provas 1.1, 2.1 e 3.1, com as falas referentes à realização das provas em segunda oportunidade, 1.2, 2.2 e 3.2. Vejamos algumas delas:

ALUNO 1 – prova 1.2

VOCÊ ESTUDOU?

Estudei... bastante. Estudei com o 4, com o 2 e estudei com o 5, um pouco. Aí... só que o exercício 3 tem um problema: tanto os meninos – o 5 e o 4 – chegaram nessa coisa monstruosa aqui, que é essa raiz aqui, eles não souberam resolver. Não é que não souberam, não sabiam como é que faziam... sei lá. E aí, um pouco que eu entendi lá eu fiz mais um pedaço

²² Os outros dois “conteúdos básicos”, segundo Rotger seriam: o desenvolvimento de atitudes, bem como de conhecimentos específicos da área em questão.

²³ Os alunos com maior experiência no caso são os discente 4 e 5.

aqui, que eu não sei de onde saiu, mas enfim... fui tentando e eu fiz um pouco mais do que eles fizeram. Aí, no exercício 4, que é de um campo elétrico, eu tentei fazer. Sinceramente, eu nunca tinha estudado campo elétrico, mas diante do que nós estudamos, que quando tem um campo elétrico, tem uma força resultante, partindo daí... daquela equação que ele deu lá... do E... Derivei, né? Aqui é derivada, ou é integral? Deriva 1º depois integra. Tá vendo... Já aprendi alguma coisa. Aí eu fiz... tentei, pelo menos, achei a equação, achei o... sinceramente, pra mim é difícil ficar falando porque eu não tenho o conceito físico. Então, na verdade eu faço meio que mecanicamente, apesar de que é uma disciplina de mecânica, eu faço meio que matematicamente, porque o conceito pra eu definir pra você, qual é a força que atua, qual é o... o conceito físico assim, que está permeando ali o desenho, o exercício, sinceramente eu tenho muita dificuldade ainda em reconhecer qual é o conceito que está posto ali. Sinceramente eu estudei, muito, fiz de novo, todos os exercícios de equação newtoniana, né... procurei me concentrar dentro desse modelo aqui, porque já sabíamos, entre aspas, qual seria o modelo aqui, e aí eu fiz... diante daquilo que eu estudei. (Prova 1.2)

ALUNO 1 – prova 2.1

VOCÊ FEZ? NUMA BOA OU RECORREU A ALGUM MATERIAL...

Fiz. Bom, é pra fazer em duas situações: com atrito e sem atrito. Quando não há atrito tem T tem V, quer dizer que tem... Conservação de energia... não conserva... não conserva a energia. Então, daí tem o T e tem o V, aí eu fiz direitinho, eu chamei minha coordenada generalizada de x e fiz a equação de lagrange e fiz a equação do movimento. E, quando não há atrito, quer dizer que eu não tenho o V, e aí, só acho o L, e acha a equação... só que aí, quando não tem atrito, tem a força F que ele deu. No lugar de ser igual a zero, lá quando não há atrito é igual a força, que no caso aqui é o... (questão 1, 2.1)

FALA AÍ, O QUE É QUE VOCÊ FEZ HOJE QUE NÃO TINHA FEITO NA PROVA PASSADA?

Eu pude avaliar a primeira prova em relação à segunda. Agora eu entendi muito mais, eu entendi por que eu errei. Então, por exemplo aqui: na primeira vez que eu fiz a prova eu acertei a situação 1 mas errei a situação 2.

ISSO NO PROBLEMA UM?

Na primeira vez que eu fiz, eu achei o V, eu pensei que quando não há atrito tinha V e na verdade não tem V em nenhuma das duas situações, nas duas situações o V vale zero. (2.2)

ALUNO 2 – prova 1.1

Eu fiz eles, mas não sei se vai estar certo. Fiz o um o dois e o três. O 1, como eu tinha estudado em um livro de ensino médio, eu achei um pouco mais fácil, não sei se eu fiz todo ele certo. Pelo menos eu entendi o desenvolvimento do exercício... não sei se os cálculos vão estar certos. (1.1)

OS OUTROS VOCÊ FEZ INTEIRO?

O dois eu fiz um pouco.

POR QUE SÓ UM POUCO?

Porque a partícula na horizontal... não, na vertical eu sabia fazer um pouco mais. Agora, na horizontal eu não sabia fazer não.

VOCÊ NÃO SABIA?

É porque “as equações de movimento para a horizontal” eu não entendi. A letra a pedia as equações de movimento horizontal, a letra b era as equações de movimento vertical. Ai, como nós tínhamos estudado um pouco, tínhamos uma noção, em sala, de movimento vertical, aí eu acho que está um pouco mais certo do que o da letra a que era o do movimento horizontal. Eu fiz por fazer mas não está certo não.

ME EXPLICA O QUE VOCÊ FEZ NO PROBLEMA DOIS.

Equações da partícula no movimento vertical. A equação de movimento, apliquei as equações aqui (2ª lei de Newton na forma diferencial), aí depois eu fiz a integral da equação de movimento, não sei se está todo certo, aí, depois, eu fiz a segunda integral para achar a equação da posição.

ME MOSTRA A RESOLUÇÃO.

$\frac{dy^2}{dt^2} = g$, (detalhe, ele disse y ao quadrado) eu coloquei... mas não sei se está certo, a gravidade aqui, o g né, aí eu tentei derivar pra chegar na equação da velocidade.

DERIVAR?

Derivar não, calcular a integral. A primeira integral. Para tentar chegar na equação da velocidade. E a segunda integral, para chegar na segunda equação. Só que eu não sei se está certo desde o início.

E NO EIXO X, VOCÊ NÃO FEZ?

Eu fiz só que eu fiz aqui a massa... como era na horizontal, eu fiz a massa vezes a aceleração ($m \frac{d^2x}{dt^2} = ma$) eu não sei se está certo. Eu estou em dúvida quando ela... as forças... tinha um movimento e a aceleração era contrária, eu não sabia quando era negativo e quando era positivo, fiquei em dúvida na resolução do exercício. Então, eu fiz também, tentei chegar na equação do movimento, depois da equação do movimento, tentei chegar na equação da velocidade, fazendo a primeira integral e depois da primeira integral, tentei chegar na segunda integral que era a equação da posição. (1.1)

ALUNO 2 – prova 1.2

FALA 2, VOCÊ FEZ UMA PROVA?

É, refiz a primeira prova. Eu acho que eu avancei um pouquinho, entendi, pelo menos aqueles conceitos que eu tinha errado na 1ª prova, eu acho que, tirando as dúvidas com o 4 com o 5 e com o 1, eu tirei as dúvidas do que eu tinha errado na outra prova, se bem que na outra prova eu não fiz quase nada. Então, eu tive que fazer toda a prova novamente. Agora, na lagrangiana: bem mais fácil que a newtoniana. Porque nós já fizemos uma

prova lagrangiana, né, a lagrangiana é bem mais fácil que a newtoniana. Agora, o que eu fiz aqui na newtoniana eu não sei o que é que vai acontecer.

VOCÊ NÃO SABE O QUÊ? VOCÊ CHUTOU ALGUMA COISA?

Eu fiz. Pelos conceitos que eu havia entendido, só que mesmo na hora que eu vou fazer toda a prova, surgem dúvidas ainda.

DÚVIDAS DE QUE TIPO?

De como... alguns conceitos, como... eu não sei quando tende a zero, a forma como aplicar na newtoniana. Na lagrangiana é mais fácil. Ela é mais simples, na resolução de exercícios assim... eu fiz todos, espero que dê para tirar uma nota boa, só que tinha uma integral aqui que eu não sabia resolver, no exercício 3 eu não sei o que aconteceu.

DA PRIMEIRA VEZ VOCÊ TINHA RESOLVIDO QUANTOS EXERCÍCIOS?

Eu acertei um pedaço do exercício um e um pouco do exercício dois.

E HOJE?

Eu fiz todo o um, todo o dois, o três, 80%, porque cai numa integral, e o quatro, daquele campo elétrico, eu nem tinha feito nada na prova um, agora eu fiz um pouco... tirando dúvidas com 4 e com o 5. (1.2)

Algumas digressões podem ser feitas a respeito dos trechos que expusemos acima. Nas falas, tanto de 1 quanto de 2, destacamos que a convivência desses com pares, possuidores de maior experiência, maior fluência na linguagem Física, permitiu aos discentes uma possibilidade de melhorar suas notas e, sobretudo, de aprender um conteúdo que, para eles, era realmente novo. Nessa inserção na rota da *ciência normal* (KUHN, 2006, p. 29) na qual o uso de *generalizações simbólicas* (KHUN, 1977, p. 358) é fundamental, seus pares, alunos 4 e 5, tiveram papel central, além, é claro, do professor, fato que vai ao encontro do que cita Kuhn:

O estudante descobre, com ou sem a ajuda de seu instrutor, um modo para enxergar seu problema como um problema que ele já encontrou. Tendo em vista a semelhança, ele faz a analogia entre dois ou mais problemas distintos, podendo relacionar símbolos e podendo os “amarrar” a natureza de modo que ele próprio provou ser efetivo antes... A habilidade que resulta – é, eu penso que seja – a coisa principal que um estudante adquire fazendo problemas exemplares, seja com lápis e papel ou em um laboratório (KUHN 1970a apud ANDERSEN, 2000, p. 96).

Entrar em um ciclo de aprendizagem, sob nossa perspectiva, indica a familiarização do sujeito com as regras do jogo, com as regras para resolução de problemas, de exemplares, pois, como cita Thomas Kuhn, pessoas que trabalham

com paradigmas partilhados “estão comprometidas com as mesmas regras e padrões para a prática científica” (KUHN, 1977, p. 30).

No discurso produzido pelo aluno 3 também encontramos passagens que revelam a perspectiva apontada nas linhas acima. Vejamos o diálogo abaixo:

ALUNO 3 – prova 2.1

ENTÃO VOCÊ FEZ A QUESTÃO 1 E 2 NA ÍNTEGRA?

Acredito que sim. Não sei se acertei, mas fiz. O problema n° 3 era de uma mola num plano inclinado, só que a orientação do plano inclinado estava em x e a outra em y.

TAVA EM X OU VOCÊ SUPÔS QUE TAVA EM X?

Não (mostrando na prova): considere o eixo x paralelo ao plano inclinado. Então, quer dizer que você poderia ignorar o y, pelo menos no meu ponto de vista. O problema na questão n° 3 foi justamente o que fazer com P_x a partir do momento em que ignorei o eixo y. Aí, eu sofri mesmo com um problema conceitual, acabei [...] Eu realmente fiquei confuso com P_x . P_x massacrou.

ESSE PROBLEMA É INÉDITO PRA VOCÊ?

É. No sentido de que no outro eu fiz, na outra prova, e eu errei. Eu deixei de lado, não acreditei que ia ter nessa prova, e acabei não estudando ele, ele então, se torna razoavelmente inédito. O meu problema é o seguinte: quando eu joguei o plano inclinado paralelo ao eixo x, então, pra mim, o peso desapareceu, conseqüentemente, o P_x também desapareceu... mas eu não tinha certeza que eu podia afirmar isso. (prova 2.1)

ALUNO 3 – prova 3.2

E AÍ 3, COMO VOCÊ FOI CARA? VIU SEUS ERROS?

Ah... eu acho que melhorei... Então, um erro eu não sabia que tinha cometido, que foi o da questão dois, uma falha conceitual. Na questão 2b, onde o sistema não é conservativo...

DOIS OU UM?

Uia... empresta uma caneta aí... é o problema um, que eu tinha errado o caso dois, onde há atrito e a força deixa de ser conservativa... O sistema deixa de ser conservativo e eu calculei (A HAMILTONIANA) e estava errado, conseqüentemente eu errei essa daí. E a questão número 3 que é aquilo que eu te falei: eu reconheço que errei, mas insisti nele até o final. Mas acabei vendo que ele estava errado e recalculei ela agora, já considerando o Potencial do Peso, da componente do Peso, que eu não estava considerando e é por isso que eu estava errando nas outras duas provas. Há uma evolução nesse sentido, porque, quando você percebe o erro... na realidade vira uma coisa (FAZENDO GESTOS COM A MÃO, INDICANDO UMA SEQUÊNCIA). É por isso que eu quero refazer a primeira prova, porque lá foi exatamente isso que eu errei também. Acredito que a questão número 3 foi uma das coisas que eu errei lá também, justamente por não considerar o peso.

Outro fator importante a ser destacado sobre a aprendizagem em Física é que, nos trechos das entrevistas destacadas, tanto do aluno 3 como dos alunos 1 e 2, encontramos elementos que indicam evoluções de seus aprendizados no que se refere à apropriação de termos e sua vinculação com o mundo, com o empírico, que certamente possuem ligação com a exposição dos estudantes a exercícios nos quais os termos eram empregados. Esses exercícios fornecem um modelo, uma maneira por meio de exemplos de como se deve trabalhar em um ramo científico. Esse fato vai ao encontro do que preconiza Kuhn. Em suas palavras:

[...] termos são ensinados pela exibição, direta ou através de descrição, de situações para as quais eles são aplicados. A aprendizagem que resulta de tal processo não é, porém, sobre palavras soltas, mas igualmente sobre o mundo no qual elas funcionam. (KUHN, 2000, p. 12).

6.4 CONFLUÊNCIA ANALÍTICA

O que dizer a respeito dos fatores que explicam o envolvimento e a permanência dos alunos no curso? Que fatores são esses e como estão relacionados? De que forma as avaliações puderam contribuir para a evolução do aprendizado do conteúdo abordado durante o curso em questão?

Sem dúvida, o modo como as avaliações foram aplicadas – prova 1.1, 1.2, etc – contribuiu para que os alunos buscassem suas evoluções. Ainda que a *meta* (CHARLOT, 2000) de todos eles fosse a aprovação ao final do curso, podemos ponderar que a conquista de uma nota baixa no início da disciplina, na prova 1.1, por exemplo – fato que veio a ocorrer com os alunos 1, 2 e 3 – poderiam levá-los ao fracasso, talvez, fazendo com que desistissem sem que fosse chegado o fim da disciplina. Entretanto, como o sistema avaliativo empregado pelo professor da disciplina foi diferenciado, não apenas somativo, mas formativo, os alunos demonstraram estar empenhados, durante todo o processo, na melhoria de suas notas, como pudemos observar na tabela 1.

Recordando o preconiza Perrenoud (1999, p. 96), podemos dizer que ocorreu, nesse caso, um estímulo da ação educativa do professor no sentido de favorecer a “autorregulação” da aprendizagem de cada sujeito, no sentido de que eles próprios gerissem seus projetos e progressos, diante das tarefas e obstáculos

que se apresentaram ao longo do curso. Esse fato vai ao encontro do que dizem Bloom, Hastings e Madaus (1971, p.60), pois os autores citam que esse tipo de avaliação “regula a aprendizagem dos alunos”, motivando-os a empregar o esforço necessário no momento adequado.

Ressaltamos que a atitude do docente, ao estruturar o curso dessa forma, foi muito bem tomada, pois, como já citamos anteriormente, nada impede que o professor extraia uma avaliação somativa de uma formativa, ou seja, o docente pode atribuir notas, classificando seus alunos ao final de uma etapa do curso, utilizando, para isso, as avaliações formativas que serviram de base para a condução da aprendizagem de seus educandos ao longo do tempo (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, p. 68).

Outro fato interessante, que também contribuiu para a evolução, principalmente dos alunos 1, 2 e 3, foi a ajuda recebida de seus colegas mais experientes, 4 e 5, que nos momentos de dificuldade dos primeiros – como evidenciamos em diversos momentos deste trabalho – ajudavam-se e contribuía para com o aprendiz uns dos outros. O que acabamos de citar, vai ao encontro do que preconizam BLOOM e ROTGER. O segundo entende, como já mencionamos, que a interação social dos indivíduos em sala de aula, a “relação consigo mesmo e seus companheiros”, constitui um dos fundamentos – em suas palavras, “conteúdos básicos”– da avaliação formativa (ROTGER, 1990 apud RUIZ, 2000). Bloom sintetiza isso como sendo o “âmago do processo de instrução” (1971, p. 18).

Ainda dentro da temática das relações, destacamos os *motivos* e *necessidades* (LEONTEV, 1978), bem como os *móviles* (CHARLOT, 2000) apresentados por cada sujeito ao longo do curso, evidenciados na seção 6.2, como fatores preponderantes para que os discentes buscassem, cada um a sua maneira, seus avanços e melhoras, atingindo uma *meta* (CHARLOT, 2000) que, em última análise, seria a aprovação ao final do curso.

A exposição sistemática dos estudantes a problemas diversos – trabalhados em sala de aula pelo professor ou, em outros momentos, durante os estudos realizados pelos alunos antes das provas de cada módulo, feitos, principalmente, em grupo – certamente contribuiu para que os discentes com maior dificuldade de aprender o conteúdo da Mecânica exposto no curso superassem-nas e passassem a ter um domínio relativamente maior da teoria envolvida naquela

disciplina. O que acabamos de citar vai ao encontro da perspectiva Kuhniana do processo de aprendizagem em Física. No entanto, gostaríamos de ressaltar que este curso, de introdução à Mecânica Clássica, é só o primeiro passo de muitos necessários para que possamos dizer que um aprendiz foi inserido na rota da *ciência normal* (KUHN, 2006).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando o início de nosso trabalho e tentando lançar luz sobre as duas principais questões que nos propusemos a esclarecer, procederemos com algumas considerações.

Havíamos dito que nossa hipótese era de que fatores pessoais, intrínsecos às pessoas envolvidas no curso, teriam exercido um papel central no que se refere ao engajamento dos mesmos, desde o início até a conclusão e aprovação²⁴ na disciplina. Devemos destacar que, de fato, as *necessidades* (LEONTEV, 1978), ou ainda, os *móviles* (CHARLOT, 2000) demonstrados por cada sujeito e explicitados durante nossa análise de dados (ver seção 6.2) tiveram sim sua significativa parcela de contribuição ao longo do processo de aprendizagem de todos os alunos. Contudo, sob nosso ponto de vista, os *móviles* relativos aos alunos 4 e 5 fazem referência direta ao aprender, ao ‘saber mais sobre os formalismos’ – portanto, vinculados com o *mundo* e *consigo mesmo* –, enquanto que para os outros três alunos, a vinculação dos *móviles* tende mais para uma perspectiva da *relação com o outro* e, em menor grau, para a *relação consigo mesmo*. Esse fato explica, até certo ponto, o papel que os alunos 4 e 5 tiveram nas relações estabelecidas com os demais alunos, na medida que eram eles quem “tiravam” as dúvidas dos demais.

Outro fator, não menos importante no sentido de contribuir para com a evolução e engajamento dos discentes em questão até o alcance da *meta* de cada um, além dos *móviles* ou *motivos* assinalados até aqui, foi a maneira proposta pelo professor da disciplina de avaliar seus alunos, por meio da avaliação formativa. A possibilidade de refazer cada prova proporcionou aos estudantes uma certa regulação de sua própria aprendizagem, fato que os levou a buscarem, cada um a sua maneira, uma forma de lograr êxito e melhorar suas notas. Uma das estratégias utilizadas pelos discentes foi a de estudo em grupo, no qual sempre existia um aluno com maior domínio de conteúdo que propiciou uma melhora no aprendizado dos demais. Essa constatação, de certa forma, complementa nossa hipótese de que

²⁴ Sob nosso prisma, a aprovação seria a *meta* geral de todos os sujeitos (CHARLOT, 2000).

somente a mobilização do sujeito, ou seja, um fator intrínseco ao ser, teria levado os discentes a atingir uma meta.

Reafirmamos nosso posicionamento – exposto na seção 6.3 – de que a exposição dos estudantes a problemas *exemplares* (KUHN, 2006) variados, bem como o contato com pares mais fluentes na linguagem da Física, contribuíram para que os alunos 1, 2 e 3 se habituassem, pelo menos de maneira preliminar, com as regras do jogo, com as regras e padrões do estudo de *paradigmas* (KUHN, 1977), fato que os levou a uma considerável evolução em seus aprendizados.

Embora tenhamos tratado os dados da maneira que o fizemos, essa, no entanto, não era a perspectiva inicial do projeto. Como havíamos dito, procuramos, a princípio, uma porta de entrada nos dados que coletamos. O material analisado neste ensaio não chega a ser aquele que realmente nos interessamos de início, de forma que, nosso estudo, em breve, terá continuidade. Voltaremos nossa atenção à produção escrita dos alunos envolvidos nesse curso, analisaremos o conteúdo de suas provas, com o intuito de verificar nossa hipótese sobre o aprendizado da linguagem em Física.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, H. Learning by ostension: Thomas Kuhn on science education', **Science & Education**, Dordrecht, v. 9 n. 1/2, p. 91-106, 2000.

ANDONEGUI, J. **Motivación al logro y la evaluación formativa** Trabajo de ascenso no publicado. Instituto Pedagógico de Caracas. 1989 Disponível em: <<http://www.monografias.com/trabajos4/evafor/evafor.shtml>>. Acesso em: 17 jun. 2008.

ARRUDA, S. M. **Entre a inércia e a busca**: reflexões sobre a formação em serviço de professores de física do ensino médio. 2001. 238f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T.; MADAUS, G. F. **Manual de avaliação formativa e somativa do aprendizado escolar**. São Paulo: Pioneira, 1971.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S.K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto, 1994.

CARVALHO, L. M. O.; MARTINEZ, C. L. P. Avaliação formativa: a auto-avaliação do aluno e a autoformação de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 133-144, 2005.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber**: elementos para uma teoria. Porto Alegre: ArtMed, 2000.

CHARLOT, B. **Relação com o saber, formação dos professores e globalização**. Porto Alegre: ArtMed, 2005.

FERNANDES, D. Para uma teoria da avaliação formativa. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v.19, n. 2, p. 21-50, 2006.

HADJI, C. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 1 CD-ROM.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2006.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1977.

KUHN, T. S. **O caminho desde a estrutura**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2003.

KUHN, T. S. On learning physics. **Science & Education**, Dordrecht, v. 9, p. 11-19, 2000.

LEONTEV, A. N. **Activity, consciousness and personality**. New Jersey: Prentice-Hall, 1978.

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

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

OLIVEIRA, S. R.; MACEDO, H. **Avaliação educacional como processo de construção do conhecimento**. Disponível em: <<http://www.serprofessoruniversitario.pro.br/ler.php?modulo=4&texto=102>>. Acesso em: 27 abr. 2008.

PERRENOUD, P. **Avaliação**: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

RUIZ, C. M. P. **Evaluación formativa**. Venezuela, 2000. Disponível em <<http://www.analitica.com/va/sociedad/articulos/2966931.asp>>. Acesso em: 02 maio 2008.

SANTOS, L. Auto-avaliação regulada: porquê, o quê e como? In: ABRANTES, P.; ARAÚJO, F. (Coord.). **Avaliação das aprendizagens**. LISBOA: Ministério da Educação, 2002. p. 75-84.

VILLANI, A. et al. Contribuições da psicanálise para uma metodologia de pesquisa em educação em ciências. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Porto Alegre: UNIJUÍ, 2006. p. 323-390.

ANEXOS

ANEXO A – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 1

FORMAÇÃO.

FALE UM POUCO SOBRE SUA FORMAÇÃO 1.

Formação de professores?

NÃO, SUA FORMAÇÃO ACADÊMICA.

Ah, eu sou... na graduação eu fiz ciências, 3 anos de ciências, depois eu fiz habilitação em matemática. Dois anos de habilitação em matemática. Aí, fiz especialização em educação matemática, fiz mestrado em ensino de ciências e educação matemática e estou fazendo doutorado em ensino de ciências e educação matemática.

A SUA GRADUAÇÃO FOI CONCLUÍDA ONDE?

Em Jacarezinho. Hoje é UEMP, na época era Faculdade de Ciências e letras de Jacarezinho, e hoje está para se transformar em Universidade, por isso UEMP. Minha especialização também foi feita lá. Aí eu fiz o mestrado lá em Jacarezinho, só que como não estava reconhecido eu abandonei e vim para a UEL.

VOCÊ CONCLUIU A GRADUAÇÃO EM QUE ANO?

Acho que... 1992. Eu tenho 34 anos.

VOCÊ TEVE MECÂNICA EM ALGUM CURSO, DESDE A GRADUAÇÃO?

Não. Eu só tive Física no ensino médio. Depois, ciências... eu lembro que estudei alguma coisa de Física sim, mas não especificamente mecânica. Sabe essas coisas assim de movimento, MRU, MRUV. O que é isso? Essas coisinhas só que eu estudei, o comecinho. Mas nada comparado ao curso que nós fizemos. Coisa bem elementar, bem básico. Praticamente, a Física que eu trago comigo, que eu tenho na lembrança, é a Física do ensino médio. Eu sempre fui boa aluna em Física no ensino médio. Minhas notas sempre foram acima de 9,0.

A FÍSICA QUE VOCÊ VIU NA FACULDADE FOI MUITO PARECIDA COM A QUE VOCÊ VIU NO ENSINO MÉDIO?

É... foi muito pouco, eu não lembro direito. Na verdade eu vi no curso de ciências, não foi na habilitação em matemática, foi alguma disciplina que eu tive na graduação que envolvia um pouco de Física.

VOCÊ LEMBRA QUE MATERIAL FOI UTILIZADO NO SEU CURSO DE GRADUAÇÃO?

Não. Não lembro. Eu não tinha nada a ver com a Física e não queria nem saber de Física.

Mas é o seguinte, eu sinto que houve um avanço muito grande da minha parte, desde a época que eu comecei o curso aqui, percebo... assim, que a Física é algo que deixa a gente meio que viciado. Sabe, quando você começa a estudar você... sei lá... a adrenalina sobe tanto que é uma coisa que vicia mesmo. Enquanto você não consegue, enquanto você não chega naquele objetivo, você não consegue desligar. Teve dia, na primeira prova mesmo, naquele exercício do pêndulo, que eu fiz hoje, na aula da Márcia, na quinta-feira, eu fiquei das oito da manhã ao meio dia tentando fazer. Eu ao conseguia nem me concentrar na aula. Então, é uma coisa assim que... parece que te suga de uma tal maneira que...

CAPTURADO?

Isso, é essa palavra mesmo. Você não consegue se desligar, até mesmo na sala de aula, enquanto eu estava dando aula, os alunos fazendo exercício, eu sentia necessidade de tirar da bolsa, pegar de novo, e fuçar, e começar a mexer. Essa semana, por exemplo, eu resolvi essa prova inteirinha de novo, né, tentando, lembrando dos enunciados e fazendo. Então eu percebo que hoje eu consigo fazer os exercícios, até mesmo sem ter alguma coisa para olhar, sabe assim, o mecanismo, a forma de fazer, ainda mesmo sem ter o conceito físico hoje eu compreendo um pouco mais, assim, hoje eu diria que eu avancei uns 80% em relação ao começo do curso.

VOCÊ FALOU QUE DÁ UMA ADRENALINA, QUE VOCÊ SE SENTE SEDUZIDO PELA FÍSICA, É ISSO MESMO?

Isso. É impressionante porque, quanto mais você tenta se desvencilhar, desligar, você não consegue. É a necessidade que você tem de ficar concentrada naquilo. Por exemplo na aula da Márcia... eu invoquei tanto com aquele exercício que eu sentia a necessidade de fazer. Tanto que eu fiz aqui, depois em casa eu tentei fazer de novo. Enquanto eu não consegui, assim, estruturar o meu raciocínio, no sentido de organizar as minhas idéias para entender o que o exercício queria, quais os passos que deveriam ser seguidos, eu não fiquei em paz. É uma coisa que tira a paz. Essa é que é a verdade. É uma coisa assim que... é uma coisa do diabo...(risos). Você fica desassossegado, essa é a palavra certa. Enquanto você não consegue resolver, organizar as coisas, ou colocar no papel... quantas vezes eu não saí daqui pensando: puxa, como é que eu faço aquilo, e você tem a necessidade de por no papel, de rascunhar, de ver como é que ficaria assim e assado, fazia de várias formas, chegava aqui e tirava as dúvidas com o 4, as vezes eu cheguei e estava certo, outras eu fiz até um pedaço, enrosquei... mas assim, há uma necessidade de saber como é que se faz as coisas.

PROVA 1.1 E 1.2.

O QUE É QUE VOCÊ FEZ HOJE?

Eu fiz o exercício 3 e...

NÃO, HOJE?

Ah... fiz uma prova de Equações Newtonianas.

PELA 1ª VEZ?

Pela 2ª vez.

E VOCÊ RESOLVEU A PROVA TODA?

Da 1ª vez eu fiz o 1º e o 2º exercício e hoje eu tentei fazer o 3º e 4º exercício.

E AÍ, O QUE VOCÊ ME CONTA?

O que você quer saber?

EU ESTOU VENDO QUE VOCÊ FEZ O 3 E TAL...

Eu comecei com a matematicazinha elementar, teorema de pitágoras, achando o seno... Fui substituindo aqui pelo desenho... pelo que eu estudei existe o... em cima da massa tem uma força P_x puxando pra lá, mais uma força da mola puxando no sentido contrário... é... P_x puxa ao contrário, a mola tende a voltar, né?..

ENTÃO... AÍ VOCÊ RESOLVEU ESSE EXERCÍCIO AQUI...

Isso, achei essa equação diferencial...

VOCÊ ESTUDOU?

Estudei... bastante. Estudei com o 4, com o 2 e estudei com o 5, um pouco. Aí... só que o exercício 3 tem um problema: tanto os meninos – o 5 e o 4 – chegaram nessa coisa monstruosa aqui, que é essa raiz aqui, eles não souberam resolver. Não é que não souberam, não sabiam como é que faziam... sei lá. E aí, um pouco que eu entendi lá eu fiz mais um pedaço aqui, que eu não sei de onde saiu, mas enfim... fui tentando e eu fiz um pouco mais do que eles fizeram. Aí, no exercício 4, que é de um campo elétrico, eu tentei fazer. Sinceramente, eu nunca tinha estudado campo elétrico, mas diante do que nós estudamos, que quando tem um campo elétrico, tem uma força resultante, partindo daí... daquela equação que ele deu lá... do E... Derivei, né? Aqui é derivada, ou é integral? Deriva 1º depois integra. Ta vendo... Já aprendi alguma coisa. Aí eu fiz... tentei, pelo menos, achei a equação, achei o... sinceramente, pra mim é difícil ficar falando por que eu não tenho o conceito físico. Então, na verdade eu faço meio que mecanicamente, apesar de que é uma disciplina de mecânica, eu faço meio que matematicamente, porque o conceito pra eu definir pra você, qual é a força que atua, qual é o... o conceito físico assim, que está permeando ali o desenho, o exercício, sinceramente eu tenho muita dificuldade ainda em reconhecer qual é o conceito que está posto ali. Sinceramente eu estudei, muito, fiz de novo, todos os exercícios de equação newtoniana, né... procurei me

concentrar dentro desse modelo aqui, porque já sabíamos, entre aspas, qual seria o modelo aqui, e aí eu fiz... diante daquilo que eu estudei.

MAS AS AULAS QUE VOCÊ FEZ SOBRE A MECÂNICA LAGRANGIANA TE AJUDARAM A COMPREENDER MELHOR ALGUMAS COISAS?

Ah sim, parece que eu perdi um pouco do medo, depois que eu fiz a prova de Lagrange eu estudei... além de ter estudado mais eu entendi a parte da Equação de Lagrange. De certa forma eu pude retomar agora a Newtoniana com um novo olhar... eu entendi muito mais coisas agora na Newtoniana com a Lagrangiana. Eu tive um outro olhar, perdi um pouco o medo de lidar com a Newtoniana... eu acho que teve um avanço. Se acertei ou não, eu não sei, de repente eu não acertei, mas eu acho que eu comigo mesma, eu diante do saber, da equação Newtoniana houve um avanço. Pelo menos eu entendi o mecanismo como é que faz.

PROVA 2.1

ENTÃO, VOCÊ FEZ UMA PROVA DE MECÂNICA AGORA, NÉ?

É mecânica?.. Fiz...

VOCÊ RESOLVEU TODA A PROVA OU DEIXOU ALGO POR FAZER?

Eu resolvi toda a prova, só o exercício número 4, que é do pêndulo, que eu...

DO PÊNDULO SIMPLES OU DO PÊNDULO DUPLO?

Do pêndulo duplo, que eu fiz pela metade.

VAMOS COMEÇAR PELO 1? ELE PEDIA...

As equações de movimento, pelo método de lagrange e a lagrange do sistema.

VOCÊ FEZ? NUMA BOA OU RECORREU A ALGUM MATERIAL...

Fiz. Bom, é pra fazer em duas situações: com atrito e sem atrito. Quando não há atrito tem T tem V , quer dizer que tem... Conservação de energia... não conserva... não conserva a energia. Então, daí tem o T e tem o V , aí eu fiz direitinho, eu chamei minha coordenada generalizada de x e fiz a equação de lagrange e fiz a equação do movimento. E, quando não há atrito, quer dizer que eu não tenho o V , e aí, só acho o L , e acha a equação... só que aí, quando não tem atrito, tem a força F que ele deu. No lugar de ser igual a zero, lá quando não há atrito é igual a força, que no caso aqui é o...

E O 2, O QUE ELE PEDIA?

Tanto as equações quanto a Lagrangiana também, só que agora era um lançamento horizontal.

DE MANEIRA GERAL, VOCÊ JÁ TINHA VISTO ESSES EXERCÍCIOS EM ALGUMA OUTRA OPORTUNIDADE, OU TUDO ISSO É NOVIDADE PRA VOCÊ?

É novidade... a única coisa que eu fiz e não sei se ta certo...
VOCÊ NUNCA VIU ESSES EXERCÍCIOS ANTES?

Não, só na outra prova... mas era de Newton, né?.. era parecido na outra prova, mas era da equação Newtoniana. Enfim, eu fiz aqui também, mas eu não sei se está certo, mas eu pensei em 2 momentos...

O EXERCÍCIO 2, ELE PEDIA O QUE MESMO?

A mesma coisa: a lagrangiana e as equações de movimento. Então, eu pensei, para ficar mais fácil, em 2 momentos, fiz a análise na vertical e depois eu fiz na horizontal. E aí, chamei a coordenada na vertical de y , que eu pensei em estar fazendo a origem em comparação com o eixo y ... aí eu achei essa equação do movimento pela lagrangiana. Depois eu fiz na horizontal, né... na vertical o V_0 é diferente de zero, e na horizontal o V_0 é igual a zero, então, com isso, o V vai ser zero e fica mais fácil para achar a equação que está sendo pedida.

VOCÊ, ENTÃO, RESOLVEU NUMA BOA, SEM PROBLEMAS...

Sim, isso.

E O 3, O QUE ELE PEDIA MESMO?

Era para achar a Lagrangiana e a equação do movimento também.

ERA UM OSCILADOR HARMÔNICO INCLINADO... VOCÊ RESOLVEU NUMA BOA TAMBÉM?

Então, é claro que eu não tenho todos os conceitos da Física que vocês tem e dentro do pouquinho que a gente estudou... eu, 3 e o 2.

VOCÊ SÓ ESTUDOU COM ELES?

Não, eu estudei sozinha também... mas nós tirávamos as dúvidas juntos.

VOCÊ NÃO TEVE NENHUMA AULA PARA FAZER ESSA PROVA?

Não... tive na sala de aula... fiz tudo de novo os exercícios, e aí, tirei minhas dúvidas com o 4. Bom, então, eu chamei de coordenada generalizada o x – está dizendo aqui que o potencial do bloco varia – a í eu chamei de $+x$ até $-x$. Aí, chamei aqui – analisando a figura (5:20), é uma altura, apliquei o teorema de Pitágoras aqui e achei que a altura vale $x \sin \theta$, aí achei 1° o potencial do bloco, que é o V , depois eu achei o potencial da mola – porque eu aprendi com eles que quando a gente tem um corpo, ele tem uma energia potencial, que é do próprio objeto, e tem uma energia cinética que é a força que age em cima daquele objeto – então, que daí, no caso, eu somei as duas, tanto a potencial do corpo quanto a potencial da mola, aí eu achei o

V. Aí, achei o L, depois apliquei aqui a Lagrangiana, aí achei a equação do movimento... não sei se está certo também, mas um pouco tem que considerar.

AÍ, SOBROU O 4...

É, sobrou o 4, que é o pêndulo duplo, certo, que eu desenhei aqui de novo, e toda essa parte aqui no começo foi até fácil, porque tinha um exercício parecido no caderno, então o começo deu para iniciar bem. A pesar de que tinha algumas coisas diferentes aqui... mas enfim, derivei aqui o x e o y, achei o V e achei o T. Acredito que até aqui está certinho, aí, o que eu apanhei um pouco é depois daqui. Depois de onde eu achei o T achei o V, mas, a partir daqui eu fiz em 2 momentos. Primeiro, eu tentei fazer separado, pro 1º pêndulo, para o pêndulo superior. Aí, eu ia tentar fazer a mesma coisa para o pêndulo de baixo e pensei em somar os dois pêndulos no final, como eu quero o pêndulo duplo, eu faria para o primeiro, superior, e depois para o inferior, aí, o pêndulo duplo seria a soma dos dois. Então, eu até tentei, mas aí cansei. A gente até tentou fazer, estudando agora de manhã, estudando, mas eu me perdi no meio do caminho.

Mas eu já melhorei bem, ta vendo, eu já estou tendo uma noção melhor de conceitos físicos, o que é que são forças, quando são conservativas, quando não são, então, assim, já avancei bastante... quero tirar pelo menos 7... 8 na verdade.

PROVA 2.2

FALA AÍ, O QUE É QUE VOCÊ FEZ HOJE QUE NÃO TINHA FEITO NA PROVA PASSADA?

Eu pude avaliar a primeira prova em relação à segunda. Agora eu entendi muito mais, eu entendi por que eu errei. Então, por exemplo aqui: na primeira vez que eu fiz a prova eu acertei a situação 1 mas errei a situação 2.

ISSO NO PROBLEMA 1?

Na primeira vez que eu fiz, eu achei o V, eu pensei que quando não há atrito tinha V e na verdade não tem V em nenhuma das duas situações, nas duas situações o V vale zero.

VOCÊ CONSTATOU ISSO MEDIANTE A QUE?

Agora estudando para refazê-la. O carrinho não sobe nem desse, por isso que o V é zero e eu não tinha percebido isso.

No segundo problema, na verdade, eu já tinha acertado ele praticamente inteiro, a única coisa que faltou eu fazer aqui, foi um sinalzinho. Se o referencial estava na origem, então, na verdade ele era positivo, não negativo.

O QUE ERA POSITIVO E NEGATIVO?

O sinal do V. Eu tinha colocado o sinal do V como negativo.

O problema 3 eu já tinha acertado ele inteiro. Eu refiz aqui, de novo, por que você “rebocou” minha prova, então, resolvi passar a limpo. Mas eu já tinha acertado ele na 1ª vez que eu fiz.

Agora, esse último problema aqui do pêndulo é uma novela. Primeiro que é uma coisa de outro mundo, enfim, fiquei muito triste porque você não considerou nada.

MAS VOCÊ REFEZ AGORA?

Refiz inteirinho. Toda essa 1ª parte aqui, tá, eu compreendo que não coloquei θ_1 e θ_2 , aqui, para achar o x e o y . Então, tudo bem, porque, na verdade, eu tinha que fazer cada coordenada generalizada, tanto para θ_1 quanto para θ_2 , como eu não especifiquei aqui, na primeira prova, você riscou. Então agora refiz, achei o x e o y e aí achei o T o V, achei tudo certinho. Achei o L, que é uma coisa monstruosa, e aí, no L, tem θ_1 e tem θ_2 de monte, em função disso, eu já tinha feito praticamente, até aqui na 1ª prova, só que eu não tinha especificado o θ_1 e o θ_2 . Então agora eu fiz tudo especificado, certinho, achei o L que é uma coisa monstruosa e aí, o que é que eu fiz? Para ficar uma coisa menos monstruosa eu achei a Lagrangiana para θ_1 , e fiz a Lagrangiana para θ_2 . Então, em função disso, derivei, obtendo $\dot{\theta}_1$ e $\dot{\theta}_2$. Sinceramente, assim, fiz do jeito que eu sei fazer, porque, por exemplo, tem umas coisas que na hora de integrar, quando tem um expoente, passa na frente ou quando é uma constante dá 1, então, tem coisas, assim, que eu fiz direto, do jeito que eu sei fazer mesmo, na matemática. Mas enfim, eu fiz muito bem organizadinho para ver se você entende e não risca. Achei a 1ª equação de Lagrange para θ_1 e fiz a 2ª equação de Lagrange para θ_2 , espero que esteja certo, não sei se tinha que somar as duas coisas mas acho que não.

PROVA 3.1

COMO VOCÊ FOI NA PROVA?

Eu acho que pelo menos no exercício 1 e 3 eu fui bem. O exercício 4 eu fiz porque eu tenho como costume, não deixar nada sem fazer. Então, eu arrisquei. Mas acho que pelo menos o começo dá pra se aproveitar alguma coisa. É o seguinte, eu fiz a seguinte reflexão: se o meu pêndulo tem uma mola – o que é que eu pensei no 4, já que eu não sou física – eu pensei que, já que tem uma mola do lado aqui, eu pensei que a energia, junto aqui, eu tenho que somar a energia potencial da mola. Aí, eu fui fazendo tudo, aí eu achei... o que é que eu pensei diante disso tudo? Eu achei o sen, achei o cos, achei x_1 , y_1 , \dot{x}_1 , \dot{y}_1 , aí eu fiz o T_1 e o V_1 , só que no V_1 eu acrescentei a energia da mola, que é o $\frac{Kx^2}{2}$, fiz a mesma coisa pro T_2 e pro V_2 . Daí, eu somei tudo, e na hora do h também, eu somei tudo, T_1 , V_1 , T_2 e V_2 , só que no final eu acho que me embananei um pouco, e também não sei se era esse o raciocínio. Não fiz assim... no fundo eu fiz tudo separado, depois somei tudo. Não sei se era esse o caminho. Não sei se tinha que...

POR QUE VOCÊ FEZ ASSIM?

Porque eu achei que... Por que eu fiz assim? Aquele problema que o professor fez na sala, na hora que chegou naquele finalzinho lá, lembra lá, do pêndulo da última prova? Porque eu fiz assim, resumindo a história: resumindo naquele pêndulo que caiu na prova da Lagrangiana, eu tinha feito tudo separadinho. Tinha feito tudo para o pêndulo superior, tudo para o inferior e depois eu somei tudo. Eu não podia, porque aquele lá era vinculado. Então, eu raciocinei que esse aqui não é vinculado, por isso que eu fiz pro θ_1 , pro θ_2 , fiz tudo em função do θ_1 , tudo em função do θ_2 , depois somei as duas coisas. Aí, no problema 1, eu fiz a primeira situação, onde não há atrito, acho que está certo e na situação 2 ele... na última aula eu tinha perguntado para o Sérgio se era assim, como é que fazia... ele disse que não era pra mim esquentar a cabeça que o sistema não é conservativo. Quando há atrito. Então eu escrevi isso que eu entendi: não situação 2 como há atrito, o sistema não é conservativo, então, não é possível resolver... eu resolvi como uma matemática essa prova. No problema 2, também, eu acho que está certo, também não tive problema nenhum, resolvi na horizontal primeiro e depois na vertical, as duas situações separadas, primeiro pensando no eixo x depois pensando no eixo y. Na verdade, assim, o sistema Hamiltoniano, ele não é tão difícil. Só aquele exercício que é um pouco mais difícil, mas como resolver...

VOCÊ NÃO ACHOU DIFÍCIL?

Não. O método mesmo não. Só que eu tenho dificuldade e continuo tendo dificuldade ainda na questão do conceito físico que eu não tenho, no sentido de energia, no sentido, sabe, de olhar para o exercício e perceber... ter aquele olhar físico pra coisa. Isso eu não tenho. Eu resolvo entre aspas, mecanicamente ou matematicamente, sabe, aplicando matematicamente dentro do contexto, mas eu não sei olhar, assim, clinicamente e ver assim, clinicamente e ver aquilo que está posto no sentido de 'que tipo de energia está ocorrendo'... Estou aprendendo, mas assim, eu apanho um pouco. Em relação ao problema 3 eu pensei o seguinte: separei 2 momentos. Em vez de considerar o eixo... o referencial aqui em baixo, eu considere como se... aonde o bloco começa aqui. Então, eu estou chamando aqui de V_0 . então eu considero aqui como V_0 , achei o $\sin\theta$ e achei a altura. Então o potencial do bloco... eu achei o potencial do bloco primeiro, depois juntei com o potencial da mola. Porque, nesse caso aqui, tem uma molinha e tenho que considerar as duas coisas. Depois achei o T, achei o L... aí, tem o θ , que nesse caso é uma constante, que não vai variar, achei o H. Acho que está tudo certo. Só não sei em relação ao sinal. Se a gente errar o sinal você considera um pouquinho? Porque eu lembro que o Sergio falou em uma aula, que se fosse resolver um exercício matematicamente era +, mas se fosse levar em consideração o conceito físico, era -. Então, eu fiquei com dúvida no sinalzinho, mas eu coloquei de acordo com que o Sérgio explicou na sala.

ENTÃO É ISSO AÍ?

É, agora fala pra mim, se eu errar um sinalzinho você considera um pouco? Eu ainda estou invocada com a prova do Lagrangiana. Eu estudei e estava sabendo muito da

lagrangiana. Eu queria saber o que é que eu errei, porque eu estava sabendo muita lagrangiana e tirei só 6,0. Achei pouco. Eu quero saber o que foi que aconteceu.

PROVA 3.2

E AÍ, COMO É QUE VOCÊ ESTÁ?

Eu estou muito feliz com meu 8,0 (prova 3.1). É sinal que houve um avanço e tanto né? Da newtoniana para a lagrangiana e para a hamiltoniana é... o sucesso é todo meu... bom, é o seguinte: eu tinha errado o exercício número 4. A princípio, como aluna, eu achei que você foi muito injusto comigo. Porque todo esse comecinho aqui, que inclusive eu usei lá, eu tinha feito, eu merecia pelo menos meio ponto. Então, minha nota tinha que ser 8,5 e não 8,0, mas tudo bem. Enfim, eu resolvi todos os exercícios de novo, só para te dar mais trabalho. E aí, fiz, então... você quer que eu explique?

NÃO, EU SÓ QUERIA QUE VOCÊ DISSESSE QUE FOI MAIS OU MENOS AÍ, VOCÊ TIROU 8,0, TEM POUCA COISA PARA FALAR... VOCÊ TEVE 1 EXERCÍCIO ERRADO, DIGAMOS ASSIM. EU QUERIA SABER O QUE É QUE VOCÊ TINHA FEITO ERRADO, SE VOCÊ CONSEGUIU CORRIGIR...

Bom, na verdade você nem corrigiu meu exercício número 4, você ignorou... eu nunca me senti tão menosprezada. Porque, esse aqui você não riscou. Você só riscou na hora que chegou na Lagrangiana, mas também não me deu meio ponto que eu merecia na 1ª folha.

NA PRIMEIRA FOLHA, TINHA ALGUMA COISA QUE ERA PEDIDA NO EXERCÍCIO?

Ah, mas é toda a base. Eu já tinha achado o x o y... já tinha achado T_1 , V_1 ...

ELE PEDIA T_1 e V_1 no exercício?

Ah, mas logicamente, para eu achar o L eu tenho que ter o V... então, eu fiz tudo de novo, achei T_1 , T_2 ... primeiramente, o pêndulo é um pêndulo com mola, então, na verdade, como eu tenho aqui uma massa... uma massa não, tenho duas, na ponta das duas molas... aí, como eu precisava... bom, como são dois ângulos também, θ_1 e θ_2 , então, são dois pêndulos, o que tem o ângulo 1 e o que tem o ângulo 2. Eu preciso achar o T_1 , justamente porque forma esse pêndulo do lado de cá da mola, e o T_2 , em função do θ_2 . Então, achei T_1 e o T_2 , e aí, eu já aproveitei aqui no comecinho, e já achei o T aqui. Já somei, porque na hora de achar a lagrangiana eu tenho que somar T_1 mais T_2 e já deixei aqui. Aí, o V, é a soma do V_1 com V_2 com o V da mola. Aí, o V da mola, como é mola, é $\frac{kx^2}{2}$...

O QUE É O V MESMO?

Ai... não é velocidade, né... esqueci o que é o V. Na verdade eu não tenho muito conceito físico não. O que é mesmo o V?

ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA.

Então, eu pensei: se eu pegar o L_0 depois somar com x_2 e tirar o x_1 , eu acho o x que eu estou procurando, que é o deslocamento da mola. Aí, eu fiz isso e descobri que o x é a diferença entre x_2 e x_1 . Peguei esse x e substitui no V da mola. Substituindo aqui, tem toda essa coisa bonita aqui... achei o quadrado da diferença e deu tudo isso aqui, bonitinho. Aí, peguei, somei, $V_1 + V_2 + V_{\text{mola}}$ e deu esse V grandão aqui.

O V O QUE É MESMO?

Conservação de energia... Ai, credo, eu nunca fui professora de Física... Você acabou de falar... Energia Potencial.

Aí, eu achei o L, L é T-V, em função de θ_1 e θ_2 aí achei o T_1 e o T_2 . Achei o θ_1 e o θ_2 . Vê se considera, porque onde tem pontinho, as vezes eu esqueço de colocar pontinho. Você vive colocando pontinho na minha prova. Nota você não dá, mas pontinho você põe. Aí, aí eu achei o H. H é T + V. Esqueci de colocar aqui, mas você sabe que eu sei que é T+V. Substitui o valor do θ_1 e do θ_2 que eles me deram, elevei ao quadrado, simplifiquei, sobrou esse H aqui. Essa coisa bonita. Aí, como eu queria continuar na seqüência aqui, eu fiz a derivada disso aqui na folha 2, tá? Só pra você saber, pra você não rabiscar a prova dos outros e achar que eu não fiz. Aí, achei o θ_1 e o θ_2 . Como vai ser análogo aqui, para θ_2 , que só vai derivar outra parte, eu só fiz o processo da derivação e cheguei ao final.

Eu espero que você me dê pelo menos 9,1 ou 9,5 só pra manter o meu A, ta? Leve em consideração que eu sou professora de matemática e não professora de Física, e que ela se esforçou muito nesse semestre, para fazer essa disciplina de mecânica e que, portanto, ela avançou muito.

ANEXO B – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 2

FORMAÇÃO

2, FALE UM POUCO SOBRE SUA FORMAÇÃO.

Eu terminei licenciatura plena em matemática, na UNIPAR (UNIVERSIDADE PARANAENSE) em Umuarama, PR, em 2000. Terminei o curso, foi a plena, e junto com o último ano eu fiz a pós-graduação também, então, eu também já tenho a pós.

VOCÊ FEZ A PÓS NO 4º ANO?

Isso, no 4º ano.

QUE PÓS VOCÊ FEZ?

Fiz em didática da matemática. E, depois, não estudei mais e agora estou tentando fazer o mestrado. Então, eu tenho a plena e a pós em matemática.

NA SUA GRADUAÇÃO VOCÊ TEVE MECÂNICA?

Mecânica não. Tive Física. No 1º e no 2º ano teve Física. Que é assim: licenciatura curta com licenciatura plena, né... três anos é licenciatura curta, e você estuda Química, Física, Biologia e Matemática. Física e Biologia são só dois anos, depois vai mais pra Química, Matemática e Física. No último ano você faz especialização em 1 disciplina só.

NO SEU CASO FOI MATEMÁTICA...

No meu caso foi matemática.

NESSA GRADUAÇÃO QUE VOCÊ FEZ TEVE PROBLEMAS DE MECÂNICA? QUE VOCÊ IDENTIFICA COMO PROBLEMAS DE MECÂNICA? POR EXEMPLO: QUEDA LIVRE, MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES, PÊNDULO...

Não, não. Não teve... era, vamos dizer assim: o básico que tinha no ensino médio só... que nós vimos no ensino médio... só que vimos de maneira diferente, né... não é igual a essa mecânica que nós vimos aqui. É aquelas formulazinhas que a gente vê no ensino médio... só coisas simples. Não é igual a isso aqui não... não é.

VOCÊ TINHA DIFICULDADES?

Daquela uma do ensino médio? Não. Naquilo lá não. Só que era muito simples. Era bem simplezinho. Existe aquele pré-conceito de escola particular, mas realmente tem. Você não vê alguma coisa dessa que você viu aqui na escola particular você não vai ver isso. Na licenciatura nunca.

É PARTICULAR AQUELA FACULDADE QUE VOCÊ FEZ?

Aquela faculdade era. Particular. Ela tem uma extensão hoje, no Paraná inteiro, mas ela é particular.

VOLTANDO AO QUE VOCÊ ESTAVA DIZENDO, QUE LÁ VOCÊ NÃO IA VER ESSA MECÂNICA ENTÃO...

Não. Esse curso de mecânica assim, nunca. Mesmo eu acho que... se fosse um curso de física pura, você até poderia ver isso aí no último ano. No curso ali, no 1º e 2º ano de física não. Eram aulas de laboratório, era mais uma física lá – voltada para o lado didático, eram mais algumas aplicações, probleminhas assim, mas não nesse nível que estamos vendo aqui.

VOCÊ LEMBRA QUE MATERIAL VOCÊ USOU NA GRADUAÇÃO?

De Física? Ah... Não lembro. Era bem básico... Para estudar eu pegava os livros de ensino médio, que eram conteúdos do ensino médio. A gente pegava uns livros do ensino médio e ficava estudando. Só que você vê que era uma coisa bem simples. Não era aquele conteúdo lá, mais aprofundado. Pegava um livro, volume único, por exemplo, de ensino médio, e você não chegava a ver o final do livro. No final do livro sempre tem aqueles conteúdos mais aprofundados, né... você via ali, o início do livro e o meio, não chegava lá no final do livro. Então, você via aquela coisinha mais simples, ali.

VOCÊ TEVE DIFICULDADES NESSA FÍSICA QUE VOCÊ TRABALHOU NA GRADUAÇÃO?

Na graduação, de 97 à 2000, não, dificuldade lá não... foi tranquilo. Eu tinha mais dificuldade em matemática – o curso como era licenciatura curta, era voltada mais para a matemática, a matemática era um pouco mais puxada, mas não tive tanta dificuldade assim.

EXEMPLOS ASSIM, DE PROBLEMAS QUE VOCÊ TENHA RESOLVIDO NA GRADUAÇÃO VOCÊ NÃO TEM PARA ME DAR, TEM?

Não tenho... não lembro. Não lembro porque eu estudei isso nos primeiros 2 anos, e eu não lembro disso. Depois, eu nunca mais estudei Física. Eu voltei a estudar só agora. Por isso é que eu tenho dificuldade nos conceitos de Física... muitas vezes você via “energia potencial”... “energia cinética”, eu não lembrava disso daí.

SE É QUE VOCÊ VIU, NÉ?

É, se é que eu vi. Porque eu não lembro se eu vi ou não.

PROVA 1.1

VOCÊ RESOLVEU A PROVA TODA?

Não. O exercício 4 eu não entendi o que era para fazer.

MAS E OS OUTROS 3?

Eu fiz eles, mas não sei se vai estar certo. Fiz o 1 o 2 e o 3. O 1, como eu tinha estudado em um livro de ensino médio, eu achei um pouco mais fácil, não sei se eu fiz todo ele certo. Pelo menos eu entendi o desenvolvimento do exercício... não sei se os cálculos vão estar certos.

VAMOS PARA O EXERCÍCIO QUE VOCÊ TEVE PROBLEMA, FOI O 4, NÉ?

Esse eu não fiz nada.

POR QUE VOCÊ NÃO FEZ NADA?

Ah... ele estava dizendo lá: “Numa região do espaço um campo elétrico oscilante da forma...”. Um campo elétrico já não... (risos). Falou em campo elétrico eu já não sei mais nada. Falou em campo elétrico ali e colocou um cosseno ali... teria que derivar, integrar... eu só imaginei que eu teria que aplicar as equações de Newton ali, mas não sabia como aplicar essas equações – e se eram as equações de Newton.

OS OUTROS VOCÊ FEZ INTEIRO?

O 2 eu fiz um pouco.

POR QUE SÓ UM POUCO?

Porque a partícula na horizontal... não, na vertical eu sabia fazer um pouco mais. Agora, na horizontal eu não sabia fazer não.

VOCÊ NÃO SABIA?

É porque “as equações de movimento para a horizontal” eu não entendi. A letra a pedia as equações de movimento horizontal, a letra b era as equações de movimento vertical. Ai, como nós tínhamos estudado um pouco, tínhamos uma noção, em sala, de movimento vertical, aí eu acho que está um pouco mais certo do que o da letra a que era o do movimento horizontal. Eu fiz por fazer mas não está certo não.

ME EXPLICA O QUE VOCÊ FEZ NO PROBLEMA 2.

Equações da partícula no movimento vertical. A equação de movimento, apliquei as equações aqui (2ª lei de Newton na forma diferencial), aí depois eu fiz a integral da equação de movimento, não sei se está todo certo, aí, depois, eu fiz a segunda integral para achar a equação da posição.

ME MOSTRA A RESOLUÇÃO.

$\frac{dy^2}{dt^2} = g$, (detalhe, ele disse e escreveu dy ao quadrado) eu coloquei... mas não sei se está certo, a gravidade aqui, o g né, aí eu tentei derivar pra chegar na equação da velocidade.

DERIVAR?

Derivar não, calcular a integral. A primeira integral. Para tentar chegar na equação da velocidade. E a segunda integral, para chegar na segunda equação. Só que eu não sei se está certo desde o início.

E NO EIXO X, VOCÊ NÃO FEZ?

Eu fiz só que eu fiz aqui a massa... como era na horizontal, eu fiz a massa vezes a aceleração ($m \frac{d^2x}{dt^2} = ma$) eu não sei se está certo. Eu estou em dúvida quando ela... as forças... tinha um movimento e a aceleração era contrária, eu não sabia quando

era negativo e quando era positivo, fiquei em dúvida na resolução do exercício. Então, eu fiz também, tentei chegar na equação do movimento, depois da equação do movimento, tentei chegar na equação da velocidade, fazendo a primeira integral e depois da primeira integral, tentei chegar na segunda integral que era a equação da posição.

E O EXERCÍCIO 1, VOCÊ RESOLVEU INTEIRO?

O 1, é um exercício...

A LETRA a PEDIA O QUE?

Tinha dois casos, né... É, o 1º caso não tinha atrito e a velocidade seria constante igual a v_0 . Aí, o segundo caso seria com atrito.

VOCÊ FEZ OS 2?

Eu fiz os 2. Eu não tenho tanta certeza com atrito, mas sem atrito eu consegui fazer. Olha, eu escrevi algumas coisas de quando eu estudei com livros do ensino médio (definição de alguns conceitos como variação de posição, velocidade média, etc.) eu só fiz sem atrito, com atrito eu não tenho certeza. Ele dava uma equação que F era igual a u vezes o N . ($f = \mu \cdot N$) só que eu coloquei como se tivesse uma força no sentido contrário. Eu coloquei uma equação negativa, cheguei na equação de movimento, que seria essa aqui: $m \frac{dv}{dt} = -u \cdot N$, (ele escreveu u e não μ) depois eu fiz a integral para tentar chegar na equação da velocidade. (a resposta obtida pelo aluno foi: $v_{(t)} = N \cdot e^{-\frac{b}{m} \cdot t}$) e a segunda integral para chegar na equação do tempo (isso, ele disse equação do tempo, e não da posição em função do tempo).

E O 3?

O 3 era da mola.

ELE PEDIA O QUE NESSE EXERCÍCIO AÍ?

Ele pedia a equação de movimento, velocidade e posição. Nós tínhamos exercícios parecidos, só que a mola era na horizontal, esse aqui a mola estava com inclinação, né, então, eu tentei fazer aquilo que eu sabia, que era com a mola na horizontal. Eu não sabia fazer com a mola com esse ângulo aqui, eu não sabia fazer com esse ângulo aqui. Eu deveria aplicar aqui o eixo x o eixo y ...

E AÍ, VOCÊ RESOLVEU?

Não, eu só fiz um... Na resolução do 3, olha, eu tentei calcular com as equações de Newton, como se fosse na horizontal, né. Também fiz a equação de Newton e descobri a equação de movimento, depois apliquei a primeira integral para chegar em uma equação e a segunda integral para tentar chegar na equação da velocidade.

PROVA 1.2

FALA 2, VOCÊ FEZ UMA PROVA?

É, refiz a primeira prova. Eu acho que eu avancei um pouquinho, entendi, pelo menos aqueles conceitos que eu tinha errado na 1ª prova, eu acho que, tirando as dúvidas com o 4 com o 5 e com o 1, eu tirei as dúvidas do que eu tinha errado na outra prova, se bem que na outra prova eu não fiz quase nada. Então, eu tive que fazer toda a prova novamente. Agora, na lagrangiana: bem mais fácil que a newtoniana. Porque nós já fizemos uma prova lagrangiana, né, a lagrangiana é bem mais fácil que a newtoniana. Agora, o que eu fiz aqui na newtoniana eu não sei o que é que vai acontecer.

VOCÊ NÃO SABE O QUE? VOCÊ CHUTOU ALGUMA COISA?

Eu fiz. Pelos conceitos que eu havia entendido, só que mesmo na hora que eu vou fazer toda a prova, surgem dúvidas ainda.

DÚVIDAS DE QUE TIPO?

De como... alguns conceitos, como... eu não sei quando tende a zero, a forma como aplicar na newtoniana. Na lagrangiana é mais fácil. Ela é mais simples, na resolução de exercícios assim... eu fiz todos, espero que dê para tirar uma nota boa, só que tinha uma integral aqui que eu não sabia resolver, no exercício 3 eu não sei o que aconteceu.

DA 1ª VEZ VOCÊ TINHA RESOLVIDO QUANTOS EXERCÍCIOS?

Eu acertei um pedaço do exercício 1 e um pouco do exercício 2.

E HOJE?

Eu fiz todo o 1, todo o 2, o 3, 80%, porque cai numa integral, e o 4, daquele campo elétrico, eu nem tinha feito nada na prova 1, agora eu fiz um pouco... tirando dúvidas com 4 e com o 5.

PROVA 2.1

2, VOCÊ FEZ UMA PROVA AGORA, NÉ?

Fiz. Essa foi de lagrangiana. A lagrangiana eu achei que foi mais fácil.

MAS FÁCIL COMPARANDO COM O QUE?

Com a newtoniana.

E VOCÊ RESOLVEU TRANQUILAMENTE ESSA PROVA?

Tudo não.

O QUE FOI QUE VOCÊ RESOLVEU?

O 1, mas eu não sei se a resposta está certa. Fiz o 1, no caso I, no caso II, com atrito, sem atrito, depois, o problema 2 eu também resolvi, né, que nós já tínhamos uma noção...

VAMOS FAZER UMA GERAL, DEPOIS A GENTE VOLTA NO 1, 2, 3 EM DETALHES.

Eu fiz o 1, o 2 e o 3. O 4, eu só fiz a primeira parte do pêndulo que... igual foi feito na sala, agora, o pêndulo duplo, eu não sei o que teria que ser feito.

VAMOS POR DETALHES AGORA, COMEÇANDO PELO 1.

Tinha uma parte com atrito e outra sem atrito. No caso I, não há atrito. No caso II, há atrito.

VOCÊ RESOLVEU AS DUAS MANEIRAS?

As duas.

ENCONTROU ALGUMA DIFICULDADE?

Olha... eu resolvi e não sei se está certo. Mas pelo que eu vi, que nós tínhamos feito em sala, do jeito que eu entendi, eu não tive dificuldade nenhuma. Agora, eu não sei se a resposta vai estar certa.

VOCÊ RESOLVEU O PROBLEMA PELO QUE VOCÊ SABIA...

Pelo que eu sabia, não tive dificuldade nenhuma. Pelo que eu havia entendido em sala. Não teve dificuldade. Só não sei se a resposta vai estar certa. Mas eu acredito que esteja certo o 1.

E O 2?

O 2 era um lançamento horizontal (o lançamento era oblíquo) de um objeto. Ele pedia x e y . Eu fiz os cálculos na horizontal, depois eu fiz na vertical.

O QUE É QUE ELE PEDIA NESSE EXERCÍCIO?

Ele pedia as coordenadas cartesianas, nas direções x e y .

O QUE É QUE ELE PEDIA NAS DIREÇÕES X E Y ?

Ele pedia... uma... nada mais aqui ó: "num lançamento horizontal, um objeto é lançado com velocidade v_0 , em uma direção inclinada, fazendo um ângulo θ com o eixo x . Foi isso que o desenho está apresentando aqui.

TÁ. E O QUE É QUE ELE PEDIU NESSE EXERCÍCIO?

Ele pedia a equação Lagrangiana e as equações de movimento de Lagrange.

CERTO. VOCÊ RESOLVEU A LETRA a E A LETRA b?

A letra a e a letra b.

SEM PROBLEMAS, RESOLVEU TRANQUILO?

Tranquilo, pelo que eu entendi, no problema 2 – posso mostrar o 2?

SIM.

Na resolução do problema 2, aqui, achei o T e V – o V é a energia potencial e o T é a energia cinética. Aqui, calculei os dois, pra fazer a primeira equação:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = 0. \text{ E a segunda equação. Eu acredito que esse também esteja certo,}$$

eu acredito.

VOCÊ RESOLVEU O a E O b, NUMA BOA?

Numa boa, tanto para... Eu só não entendi aqui: se era na vertical y e na horizontal x. Eu acho que eu fiz certo, não lembro bem isso aqui.

SUA DÚVIDA ERA NO QUE ENTÃO?

Eu não entendi, o exercício pedia as equações tanto para x quanto para y, mas eu acredito que na vertical é y e na horizontal é x. Era duas equações. Na vertical o y dois pontos foi igual a g. Na horizontal o x dois pontos foi igual a zero. Então, eu não sabia se era assim que fazia mas eu acredito que está certo também.

CERTO, VAMOS PARA O 3 ENTÃO.

O problema 3 era o da mola. “um sistema massa mola oscila em um plano inclinado” não há atrito também. “Considere o eixo x paralelo ao plano inclinado”. Pedia as equações lagrangiana e as equações de movimento.

E AI, VOCÊ RESOLVEU?

Eu acredito que sim. Esse... como nós havíamos feito um exercício em sala...

VOCÊ RESOLVEU UM IGUAL A ESSE? ESSES EXERCÍCIOS SÃO NOVOS PARA VOCÊ, OU DE ALGUMA FORMA VOCÊ JÁ OS VIU DE ALGUMA FORMA?

Igual, não. Esses exercícios são parecidos com o da prova anterior, o da prova 1. Que era da equação newtoniana.

VOCÊ SE BASEOU NELES PARA FAZER ESSA PROVA?

Não, porque aqui é a equação lagrangiana, né. A equação lagrangiana eu achei mais fácil que a newtoniana.

CERTO, MAS VOCÊ USOU O QUE PARA FAZER ESSA PROVA?

Eu usei tudo que nós vimos em sala. Que nós aprendemos em sala.

MAS VOCÊ RESOLVEU ESSES EXERCÍCIOS EM SALA?

Esse aqui... vamos dizer assim... eu tinha resolvido ele, com o 1, aplicado à lagrangiana. Nós tínhamos pré-feito ele... tirados só os conceitos da energia potencial e da energia cinética. Nós tínhamos feito isso. O que acontecia com a energia cinética se fosse a equação lagrangiana nesse exercício. Só que eu não sei se a resposta vai estar certa, porque nós não tínhamos feito todo ele. Então, por isso que eu achei um pouco de facilidade, porque nós já tínhamos feito um pré-conceito do exercício. Porque eu estou com dificuldade de encontrar o conceito do exercício. As vezes eu não consigo formular o exercício.

VOCÊ INTERPRETA DE MANEIRA CORRETA, OU INCORRETA O EXERCÍCIO?

Olha... mais ou menos. Eu não consigo, as vezes, encontrar o conceito do que é que eu tenho que fazer no exercício.

VOCÊ ENCONTRA ESSA DIFICULDADE SEMPRE?

Sempre. Na newtoniana mais ainda do que na lagrangiana.

POR QUÊ?

Olha, eu achei que a newtoniana tinha mais conceito para aplicar. Tinha bem mais conceito. Na lagrangiana os conceitos são um pouquinho menores.

QUE CONCEITO?

Vamos dizer assim: a massa, a gravidade, a altura. A gravidade na lagrangiana parece que é mais fácil de se entender do que na newtoniana. Quando é negativo, quando é positivo, a maneira de você trabalhar a equação... a lagrangiana eu entendi que sai um padrão mais exato. A newtoniana, cada exercício tinha uma maneira diferente.

AI, O 3 VOCÊ RESOLVEU?

O 3 eu resolvi. Não sei se está certo.

E O 4?

O 4 era um pêndulo duplo. Eu vi na sala e entendi o que tinha na sala do pêndulo simples.

MAS VOCÊ RESOLVEU COM BASE NO PÊNDULO SIMPLES?

Na verdade eu fiz aqui um triângulo retângulo do pêndulo simples, ai eu resolvi e cheguei na resposta igual na sala de aula. Agora, na segunda equação...

COMO ASSIM NA SEGUNDA EQUAÇÃO?

É como se fosse um segundo pêndulo. Eu nunca vi o pêndulo duplo. Eu não sei o que eu teria que fazer aqui no pêndulo duplo. Ai, eu fiz atrás aqui só... uma equação parecida como o pêndulo 1, que seria assim, o primeiro pêndulo... mas acho que não vai ter nada a ver porque se essa massa 1 for se movimentar, eu não sei se essa massa 2 aqui vai se movimentar na mesma velocidade que a massa 1. Porque a massa 1 está presa em um ponto. A massa 2, depende da massa 1, que está presa em um ponto. Eu acho que o que eu fiz aqui não tem nada a ver. Mas aí já tava no final do exercício.

PROVA 2.2

FALA 2, COMO É QUE VOCÊ FOI NESSA PROVA AÍ?

Olha... gostei. Tirando o pêndulo duplo. Eu não sei derivar aqueles negócios do pêndulo duplo lá não... eu me perco. No teta ponto (θ) no teta dois pontos (θ_1 e θ_2), não dá não... teta 1 (θ_1), teta 2 (θ_2), não dá cara... mas oh... corriji o que você tinha colocado aqui na correção pra mim... como é que é o nome da letra lá o... (O ALUNO ESTÁ SE REFERINDO A LETRA GREGA ∂ QUE INDICA UMA DERIVADA PARCIAL. EM SUA PROVA – NA OPORTUNIDADE 2.1 – O ALUNO HAVIA

ESCRITO A EQUAÇÃO DE LAGRANGE DA SEGUINTE FORMA: $\frac{d}{dt} \left(\frac{dL}{dq} \right) - \frac{dL}{dq} = 0$

E NÃO $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0$ COMO PODIA-SE ESPERAR.) Olha, treinei um pouquinho

antes pra fazer ela... olha... agora o Del está certo cara...
Agora foi tranqüilo, agora...

VOCÊ HAVIA SE PERDIDO NO 4 POR QUE MESMO?

Depois da lagrangiana. 1º eu não ia saber montar... na sala de aula o Sergio explicou e foi tranqüilo. Mas eu não ia saber montar aquele exercício lá... a lagrangiana tinha o θ , o θ_1 e θ_2 , deriva um depois deriva o outro... não vai não, me perdi ali no meio. Depois não sabia quem era θ , quem era o θ_1 e θ_2 , não sabia quem era mais nada não. Ia deixando daquele jeito lá. Só na lagrangiana... acho que vai dar pra tirar 9,5 agora...

MAS TIRANDO O 4...

O 1, o 2 e o 3?

É...

Não, tranquilo.

DA 1ª VEZ, DA 2ª TAMBÉM... VOCÊ TINHA FEITO TUDO?

Da 1ª vez eu fiz mas errei algumas coisas lá... que nem no exercício 3, oh: eu derivei a função seno, mas o seno é constante né...

QUEM DISSE?

Depois, conversando com o pessoal eu vi que o seno é constante.

ISSO VOCÊ TINHA FEITO NA PROVA 2.1?

Isso, e você também falou aqui “por que?” e “cadê o x” (ALUNO MOSTROU A CORREÇÃO DA PROVA, ONDE O CORRETOR HAVIA ESCRITO “POR QUE ?” PERTO DO SENO AO QUAL O ALUNO SE REFERE). O x eu tinha esquecido no decorrer do exercício. Então, agora eu não derivei, fiz da maneira correta, eu escrevi a lagrangiana em todos, eu não sei por que em todos os exercícios eu não colocava a lagrangiana... (O ALUNO ESTÁ SE REFERINDO ÀS OBSERVAÇÕES FEITAS PELO CORRETOR, QUE NÃO ENCONTROU A EXPRESSÃO QUE DESIGNA A LAGRANGIANA DO SISTEMA) Eu achei que não precisava... ia fazendo... tinha no caderno, tudo feito e não ia colocando... tinha feito tudo isso no caderno e deixei...

VOCÊ ACHAVA QUE...

Eu pensei que... eu não sei... eu fazia $L = T - V$, e não terminava... tinha o T e o V, era só montar a equação e fazer o jogo de sinal e não terminei a equação... não sei por que. Bobeira... to meio tonto.

E NO MAIS AÍ, TUDO CERTO?

Comecei... gostei da lagrangiana... hamiltoniana... nós já fizemos uma prova da hamiltoniana... gostei. Depois que começa a montar a questão vai tranquilo. A dificuldade é só na hora de montar.

DEPOIS QUE MONTA VAI BEM?

Depois que monta vai.

A QUESTÃO 1 VOCÊ TINHA ACERTADO, A 2 TAMBÉM...

A 1 a 2 um pouco... a 3 também um pouco... agora arrumei o que tinha errado aqui e tranquilo... a 1 a 2 e a 3 tranquilo. Não tem problema nenhum... só a 4 que pra frente da lagrangiana eu não consegui fazer o θ_1 e o θ_2 ... ah bicho... eu sei lá é muito... ô, você podia dar um exercício mais fácil na prova... é sacanagem...

PROVA 3.1

FALA AÍ 2, VOCÊ FEZ UMA PROVA, FOI BEM?

Foi mecânica Hamiltoniana.

FOI BEM NELA?

Olha... fui melhor do que nas outras.

COMO ASSIM “MELHOR DO QUE NAS OUTRAS”?

O exercício 1 ali, que não há atrito ali, consegui resolver tranqüilo, a caso II, com atrito, eu não consigo entender esse exercício.

NÃO SAI?

Não sai.

MAS VOCÊ JÁ VIU ESSE EXERCÍCIO EM OUTRA OPORTUNIDADE?

Nas provas anteriores, né... Só que agora, nós estamos mudando – como é mesmo o nome daquele negocio... antes foi com a lagrangiana, agora é Hamiltoniana.

E AÍ, FOI FÁCIL, DIFÍCIL, FOI BEM?

Eu achei a Hamiltoniana bem mais tranqüila do que a Newtoniana. Mais... eu compreendi melhor. A newtoniana foi mais complicada.

A HAMILTONIANA É MAIS FÁCIL DO QUE A LAGRANGIANA?

Mais fácil do que a lagrangiana... eu não sei se nós tínhamos visto a lagrangiana, depois chegou num certo ponto era só aplicar a hamiltoniana, só que alguns conceitos... eu as vezes não consigo formular o exercício. Por exemplo: se eu encontrar quem que é a energia potencial, quem é a energia cinética, aí tranqüilo. Mas as vezes, eu não consigo montar a energia cinética e a energia potencial. Por exemplo, o pêndulo duplo eu não sei montar, eu não sei! E também não sei montar, no problema 1, o caso com atrito, eu não sei montar.

A SUA DIFICULDADE ESTÁ NA MONTAGEM?

É, depois que eu achei a energia potencial, a cinética, aí tranqüilo. Depois eu consigo resolver e entendo o porquê de derivar e aplicar a integral. Para montar eu não consigo.

ENTÃO, VOCÊ DISSE QUE FEZ O 1, SEM ATRITO...

Com atrito.

VOCÊ FEZ COM ATRITO?

Fiz.

A VOCÊ FEZ? ENTÃO VOCÊ FEZ OS DOIS CASOS?

Não. Sem atrito. Desculpa. E com atrito eu não fiz.

POR CAUSA DA DIFICULDADE DE...

Montar a questão. Que é os conceitos também... o que é a energia cinética, o que é a energia potencial...

O 2 consegui montar. Né, porque onde é na horizontal, onde é na vertical. Isso eu tinha entendido também, e o 3 também, montei – eu estava com dúvida na energia... na energia... L é $T - V$, né... na energia potencial, quando é positiva quando é negativa. Mas acho que depois eu consegui montar ele correto. E o 4 eu não consegui. O 4 é o exercício do pêndulo duplo – e com mola ainda...

AÍ NÃO ROLOU?

Não... imagina cara... quando a mola estica ela vai puxar e os dois ficam pra lá e pra cá... ah... não dá nem pra imaginar isso aqui...

PROVA 3.2

FALA 2, COMO É QUE FOI ESSA PROVA?

Oh... tranqüilo, veio o exercício 4, que era do pêndulo duplo com mola... estudei um pouquinho com o 4 e com o 1, e foi tranqüilo. Agora acho que está certo.

MAS DE MODO GERAL, NESSA PROVA 3.2 COMO É QUE VOCÊ FOI, FEZ TUDO QUE VOCÊ TINHA ERRADO NA PROVA 3.1?

É, não tinha errado muita coisa.

VOCÊ TIROU QUANTO MESMO?

Sete e meio (7,5). E tinha o exercício 1, o caso II que tem atrito. Aí, eu não lembrava... nós tínhamos comentado uma vez na sala de aula... com atrito não dava para aplicarmos a Lagrangiana (O ENTREVISTADO FALOU MEIO TITUBEANTE O TERMO, TALVEZ PORQUE A REFERIDA PROVA FOSSE SOBRE HAMILTONIANA E NÃO LAGRANGIANA).

NÓS QUEM?

Os alunos na resolução de exercícios. Não tem como resolver o exercício. Só que eu não coloquei nada, tanto é que, na prova, eu coloquei assim: “e o atrito”, eu não lembrava... Aí você colocou: “ pois é... e aí?”. E daí, o que é que eu vou fazer com o atrito, eu não sei, eu não lembrava, depois, conversando nós chegamos num...

CONVERSANDO QUANDO VOCÊ DIZ?

Depois da prova, de quarta-feira retrasada, né?.. quarta-feira retrasada já lembrei que nós tínhamos comentado em sala que não tinha como resolver a Lagrangiana (O ENTREVISTADO, MAIS UMA VEZ, FALOU MEIO TITUBEANTE O TERMO) com atrito. E tranqüilo. E hoje de manhã o pêndulo duplo com o 4 ali e o 1, nós fizemos mais um pouquinho para ver como que resolve ele.

NESSA PROVA ENTÃO, VOCÊ FEZ O QUE VOCÊ TINHA DEIXADO DE FAZER DA ÚLTIMA VEZ...

Da última vez e o que tinha errado, né... errado assim, não teve erro. Só tem o caso II que eu não lembrava
QUE É DO EXERCÍCIO 1.

Que era do exercício 1, com atrito, e o exercício 4 que era o pêndulo duplo que eu não sabia como montar ele.

QUER DIZER QUE HOJE, VOCÊ MONTOU ELE E...

Montei ele e foi até o final... resolvi todo ele. Mas eu não sabia como montar. Nós fizemos exercício em sala com a... aquele do pêndulo duplo, mas era diferente, né... Aí, vocês colocaram uma mola ali entre os dois ali e eu não sabia montar. Por exemplo, aquela energia potencial lá eu não sabia que tinha que somar a energia V_1 , V_2 e V_3 , eu não sabia não fazer esse exercício.

ANEXO C – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 3

FORMAÇÃO

FALA PARA MIM DA SUA FORMAÇÃO.

Sou Físico, fiz licenciatura e uma parte de bacharelado, conclui em 94... eu entrei em 89. Na época eram 5 anos de curso. Eu terminei licenciatura, fui habilitado em licenciatura, e daí, por uma mudança de currículo, eu tinha que fazer uma disciplina de nuclear para sair como bacharel, eu acabei não fazendo, mas só faltou ela para concluir o bacharelado.

VOCÊ TEVE MECÂNICA NA SUA FORMAÇÃO?

Tive... tive mecânica, minhas mecânicas foi uma com um professor que eu... sei lá... não tem nem como explicar. Era complicado, era um professor que não conseguiu adiantar muito a matéria e mecânica 2 eu tive colchetes de poison... então, ficou um buraco assim... eu não vi hamiltoniana, lagrangiana, eu não vi nada disso. Fiquei só no formalismo Newtoniano, depois já entrei direto nos colchetes de Poison... braquete...

VOCÊ TEVE DIFICULDADES COM ESSA MECÂNICA QUE VOCÊ VIU NA GRADUAÇÃO?

Bastante, eu acho que essa mecânica... algumas disciplinas do curso, tipo: eletromagnetismo, mecânica, mecânica quântica, eu estudava os exercícios meio como literatura, eu sabia, era previsível, então eu decorava os exercícios e na prova eu fazia meio mecânico assim, então, se for ver no meu currículo, eu devo ter sido aprovado com 8.5, 9.0, porque eu decorei tudo e acabou. Do Simon, eu fui até o 3º capítulo, em 6 meses de curso.

VOCÊ FEZ MESTRADO TAMBÉM?

Fiz... fiz mestrado em Física, fiz as disciplinas do mestrado em Física, daí eu acabei reprovando... depois, agora, eu fiz mestrado em ensino de ciências nos últimos 3 anos.

ENTÃO, DURANTE A GRADUAÇÃO VOCÊ NÃO TEVE DIFICULDADES COM A MECÂNICA...

No ponto de vista de que o professor era extremamente previsível do que ele iria fazer, ele avisava quais exercícios iriam cair, eu decorava os exercícios, então, o problema era mais um exercício de declamar poesia: então, eu sabia a quarta linha do segundo exercício, essas coisas assim, porque o professor mantinha a camaradagem. Ele não queria reprovar ninguém, para evitar dor de cabeça durante o curso, para que ninguém reclamasse dele, etc..

ESSES PROBLEMAS QUE VOCÊ VIU DURANTE A GRADUAÇÃO TINHAM ALGUMA SIMILARIDADE COM OS QUE VOCÊ FEZ DURANTE O CURSO DE MECÂNICA DO MESTRADO?

Tem, só que lá na graduação eu resolvia por equações do ensino médio, podia usar aquele formalismo, na realidade, demorou um tempo, por exemplo, no mestrado, até eu sacar que \dot{x} era derivada, sabe assim, eu tinha essas dificuldades com o formalismo. Eu estava acostumado com $\frac{dx}{dt}$, agora, \dot{x} , praticamente eu acabei esquecendo, mas também porque nesses últimos 8 anos eu acabei não mexendo mais com nada de mecânica. Comecei a ler bastante, etc. E, ficou bastante falha a parte Física, com exceção do laboratório, mas no laboratório a gente não precisa de formalismo matemático... não desse formalismo aprimorado.

MOVIMENTO PENDULAR, MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES, QUEDA LIVRE, VOCÊ RESOLVEU NA GRADUAÇÃO?

Resolvi em dois momentos: resolvi na Física I, que basicamente foi o formalismo newtoniano e depois, na disciplina de mecânica eu acabei resolvendo de novo, mas também no formalismo newtoniano. Os colchetes de Poisson eu realmente não me lembro o que é que a gente resolvia. Não me recordo inclusive de ter feito algum exercício, não me recordo de absolutamente nada desses negócios, eu me lembro que era um tal de “bra” e outro de “quete”, mas eu não lembro o que é que tinha no meio. A disciplina foi com o Carias, mas a falha não foi dele, eu peguei uma greve de 3 meses, então, o curso era de 4 meses, porque era crédito, 3 meses de greve, 15 dias de aula, mais quinze dias de aula e encerrou o semestre. Eu não posso nem

dizer que eu tive dificuldades, porque não teve prova, não teve nada, foi um seminário, que eu me lembre, a gente escolhia o tema, aí... eu realmente não me lembro do tema que eu escolhi. Foi uma disciplina que passou assim... e daí eu já estava cumprindo tabela, porque eu estava fazendo bacharelado, só que era de vez em quando, eu fazia duas disciplinas por semestre, três, quando muito.

ENTREVISTA FINAL DO CURSO.

Eu fiz uma exigência a mim mesmo, ver como vai meu aprendizado. Eu poderia, como nós temos a opção de consultar o material, poderia ver resultados em livros, mas acho melhor não, pois eu estou a muito tempo mexendo com educação e deixei a mecânica de lado. Isso me inspirou a voltar até para eletro. Agora... eu acho que teria que me concentrar na solução do pêndulo duplo. Acho que essa evolução tem que ser exatamente nesse sentido: de ver onde você está falhando e ir melhorando... é uma coisa meio pessoal, é você e os livros. Eu fiz essa disciplina a 10 anos atrás e não lembrava mais nada. Quando eu entrei nessa disciplina, eu não lembrava o que era x ponto, x dois pontos, essa disciplina me desenvolveu nisso, então, mais ou menos, eu fui aprendendo as coisas. É lógico que eu precisava ter estudado mais, voltado em conceitos... o tanto que eu estudei não foi tanto quanto a disciplina exigia. Acho que eu não sei a matéria, acho que eu estou aprendendo ela na verdade. Nos cursos que eu fiz na graduação eu vi o começo, s igual a s0 mais vt e com outro curso eu vi braquete, então, tem uma lacuna aí. Nas aulas eu aprendi lagrangiana e hamiltoniana, eu não sabia nada disso.

VOCÊ ESTUDOU SEMPRE SOZINHO?

Sempre. Em função do meu trabalho e, esse negocio de estudar de última hora não dá certo. Acho que foi até por isso que minhas notas não evoluíram tanto.

PRA QUE QUE VOCÊ VAI USAR ESSE CURSO NA SUA VIDA?

Agora, por n coisas, não sei justificar ainda por quê. Putz, eu pegava uns livros aí e não sabia fazer quase nada, então, eu espero que o curso ajude nisso, coisas conceituais assim, etc. Na prática, aqui no trabalho eu não tenho certeza. Como físico era muito importante que eu soubesse. Isso talvez vai me ajudar a interpretar as coisas que leio, relatórios etc. A disciplina valeu nesse sentido de evolução e o jeito que ela foi colocada foi legal. Apesar de talvez ter feito a opção errada... apesar da ansiedade de querer tirar nota... apesar também que eu não tinha tempo, chegar na última hora e estudar não é legal... acho até que valeria estudar com o 1, com o 5 e com o 4, mas não quis e não tinha tempo também.

E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA SALA DE AULA, AJUDOU EM ALGUMA COISA?

Ajudou. Muitas vezes você não sabe qual é o princípio da coisa. Na verdade eu não sabia que T era energia cinética. Valeu pelo fato de eu juntar o que eu já conhecia com o formalismo que eu não sabia como é que aplicava... a resolução de exercícios ela tem um padrão, você calcula T, V, deriva ,etc... então, tem um padrão... esse padrão eu não sabia. E a resolução de exercícios em sala de aula valeu por causa

disso, mesmo que na prova tenham exercícios diferentes, como os últimos de cada prova. Você pelo menos sabe o que tem de procurar... você sabe onde tem que procurar os artifícios para resolver esse tipo de coisa.

NAS AULAS VOCÊ FEZ EXERCÍCIOS EM GRUPO OU SOZINHO?

Em grupo e sozinho. Era legal em grupo porque você ia descobrindo suas falhas, você vai discutindo.

PROVA 1.1

3, VOCÊ RESOLVEU A PROVA INTEIRA?

Não. Não fiz o exercício número 4. Na realidade nem tentei fazer. Não consegui pensar um estilo de coisa... Acho que me enrosquei com campo elétrico, não consegui imaginar o exercício. Apesar de não ter nada a ver com eletrostática.

ENTÃO POR QUE É QUE VOCÊ NÃO CONSEGUIU RESOLVER?

Na realidade... região do espaço, existe um campo elétrico oscilante e tal... Eu tenho muita dificuldade com eletrostática então, eu acho que pelo fato de ser com eletrostática eu já me enrosquei e não consegui imaginar o começo do exercício ou imaginar uma solução qualquer pro exercício ou qualquer coisa nesse sentido. Foi a mesma dificuldade que eu tive no exercício 3, por exemplo.

VAMOS VER... O QUE É QUE O EXERCÍCIO FALA?

É o exercício da mola que oscila.

MOSTRA SUA RESOLUÇÃO.

Você percebe o seguinte: que você até consegue começar a imaginar o que é que está acontecendo com as forças, então, que é uma força de restituição que vai...

O QUE É QUE O EXERCÍCIO PEDIA MESMO?

As equações de movimento, a velocidade e a posição.

VOCÊ FEZ TUDO?

Fiz mas acabei de perceber que não integrei o seno.

VAMOS DESDE O COMEÇO. A LETRA a ERA A EQUAÇÃO DE MOVIMENTO...

Quer dizer, peguei uma equação de movimento $\frac{d^2x}{dt^2}$, né, porque é só no eixo x que estamos trabalhando. Aí, decompus as duas (peso e força elástica) no eixo x. Depois integrei pra achar a equação da velocidade mas daí, isso aqui pra mim é muito estranho...

PERAÍ, ISSO É A LETRA B?

É. Essa função (referindo-se ao termo estranho que acabara de ser dito). Quer dizer, então, tem um detalhe importante. Quando você resolve um exercício desse tipo, que é o troço mais angustiante pra gente, é o fato de você chegar numa resposta que você não consegue interpretar ela direito. Você não sabe qual é a resposta que você, teoricamente teria de obter. Quer dizer foge um pouco do seu senso comum... eu não sei se seria isso... mas no meu caso, fugiu do meu senso comum, do meu conhecimento.

FUGIU DO QUE...

Do que eu imaginava que poderia ser lógico. Quer dizer, aí, eu comecei a colocar coisas que eu não tenho bem certeza. Por exemplo: eu adotei que x em 0 seria quando a massa estivesse em repouso, etc. Repouso não. No ponto em que ela poderia estar em repouso. Teve algumas coisas que pra mim ficaram complicadas, então, eu não soube criar as condições pra poder dar a solução do exercício.

ISSO FOI O 3?

Isso foi o 3.

E O 1 E O 2?

O 1 e o 2, além de ter uma resposta que pra mim era esperada, quer dizer, eu sei o que é que eu tenho que achar aqui, né, pelo menos teoricamente eu saberia o que é que eu tenho que achar... Te dá uma determinada angustia porque você não sabe o que tem que achar, mas você sabe a nível de ensino médio. Que é o que eu explico em sala de aula. Então, quando eu caio na derivada, na integral eu fico com confusão no... essa constante eu posso chamar de velocidade, ou não posso... essa nomenclatura é correta ou não é, eu posso criar essa igualdade?... até que é, e tem que ser.

VAMOS AO 1, ENTÃO.

As forças externas são 0, portanto a massa vai ser cortada porque é constante (mostrando a prova), aí, o que é que vou ter: $dx/dt = b$. Esse b eu sei que é a velocidade. Então eu igualei. Essa passagem pra mim é preocupante, eu não sei se posso fazer isso... teoricamente não tem problema nenhum. A mesma coisa no c que pedia a posição. Como eu te falei (mostrando a prova no item da velocidade). O problema é que os passos pra chegar nisso aqui (equação do espaço), a partir da derivada e da integral, pode ser que... nesse caso era fácil, que é um movimento uniforme, sem força de atrito, sem força externa, então fica fácil... na situação II a coisa também fica razoavelmente fácil, porque você sabe onde você quer chegar.

O CASO II FALAVA DE...

Se você tivesse uma força de atrito que tivesse freando o móvel até ele parar.

VOCÊ FEZ A LETRA A...

Fiz, aí, qual que é o problema? O problema é que eu tive que recorrer lá no ensino médio, para ver que μg era igual a aceleração, e que isso não teria nenhum problema, na prática, pra que eu pudesse resolver. Mas quando você resolve, você sempre chama isso (mostrando o termo $\frac{d^2x}{dt^2}$ do início da sua resolução do item) de aceleração.

ONDE VOCÊ RESOLVE ASSIM?

No ensino médio, onde eu trabalho.

ENTÃO, A SUA DIFICULDADE, COMO VOCÊ ESTAVA DIZENDO, ESTAVA NO EXERCÍCIO...

3. O 4 eu nem fiz. O 4 eu não consegui imaginar... Faltou elementos para que eu pudesse imaginar o exercício, pra que eu conseguisse bolar o exercício na cabeça. Então, quer dizer, eu não conseguiria nem começar a criar condições pra poder começar a resolver ele. Eu não saberia nem escrever a equação de movimento pra poder começar a resolver a integral e a derivada nele, a pesar de ter aqui (dado na prova) a integral de seno, cosseno, eu sei que teria de ter alguma coisa, mas nem sei como começar.

E NO 3, O PROBLEMA SEU FOI A ONDE MESMO?

No exercício 3, o grande problema foi que a pesar de achar uma resposta, ela não me pareceu muito lógica. Eu não consegui pensar na resposta... Desenvolver o que estaria acontecendo no exercício a partir da resposta... é, então a mola ta indo aqui, então a velocidade aumenta... etc. Esse foi o problema: criar um problema de pensamento (de cabeça) e ir resolvendo ele. Eu não consigo imaginar o que a resposta me deu.

PROVA 1.2

FALA 3, O QUE VOCÊ FEZ HOJE?

Refiz uma prova que eu tinha feito a umas 4 semanas atrás, de formulação newtoniana.

E AÊ, VALEU PRA VOCÊ?

Olha, é interessante pelo fato de você ter... eu consegui um... vendo a prova você consegue detectar erros que você teve, né... outras coisas eu não sabia, então eu tive que recorrer, tive que estudar em casa etc.

VOCÊ ESTUDOU PRA FAZER ESSA PROVA?

Sim, eu estudei, consultei colegas, etc. algumas coisas que a gente não sabia... Aí, eu tinha errado a equação – o problema 2 a letra a inteira – porque eu chamei tudo de y – e estava em x – aí, o cara que corrigiu considerou errado de fora a fora... tava tudo certinho... era só uma perninha a mais... mas tudo bem, fiz tudo de novo. O problema 3 a letra a e a letra b foi razoavelmente fácil de desenvolver a letra c cai

NA PRIMEIRA VEZ VOCÊ RESOLVEU?

Não, na primeira vez não. Na primeira vez eu resolvi a letra a, a letra b eu errei integralmente – errei o seno e dali pra baixo foi tudo errado – mas tudo bem, dava pra... se eu tivesse prestado atenção teria feito – talvez. A letra c, que é uma integral, quando você tá na velocidade e vai integrar pra posição... eu não nem idéia de como é que faz e dessa vez, errei de novo. O problema 4, na prova passada, não havia começado a fazer.

E AGORA?

Eu fiz. Acredito que acertei.

VOCÊ ESTUDOU ESSE PROBLEMA?

Olha, eu devo ter estudado esse problema pelo menos umas 20 horas. Primeiro que ele é de eletro. Se tem eletro no meio, eu tenho uma certa dificuldade. Segundo que, caiu numa integral aqui – de seno e cosseno – que faz muito tempo que eu não mexo com isso e ficava confuso pra caramba, muito confuso. Inclusive quando você tem que é... quando você tem que chamar u de θ , você tem que mudar a variável ali... isso pra mim era complicado, bem complicado, fazia muito tempo que eu não mexia com isso... eu acho que eu nunca mexi, diga-se de passagem, então eu sofri um pouquinho. Recorri ao Simon, Goldstein, etc. Só que a dificuldade imensa – tinha um problema muito parecido com esse aqui, só que: “ assim, o aluno poderá perceber facilmente que...” o principal não tem. Acho que é isso aí.

PROVA 2.1

3, VOCÊ ACABOU DE FAZER UMA PROVA?

Mecânica segunda prova.

OS CONCEITOS QUE VOCÊ TEVE QUE DESENVOLVER NA PROVA ERAM QUAIS?

Basicamente potencial e energia cinética.

EM QUE FORMULAÇÃO?

Lagrangiana.

TEVE ALGUMA DIFICULDADE, VOCÊ RESOLVEU TUDO? COMO É QUE FOI ESSA PROVA PRA VOCÊ?

No 1 e no 2 eu não tive muita dificuldade não.

QUAIS SÃO OS PROBLEMAS 1 E 2?

O problema 1 era de um carrinho que ta num sentido e no primeiro item não tinha atrito, não tinha nada...

O EXERCÍCIO PEDIA O QUE?

Lagrangiana e a equação do movimento – pelo método de lagrange – e no segundo (item) tinha atrito mas... não foi complicado não. No segundo problema, era de um movimento parabólico, mas também não tinha muita complicação porque era em coordenadas cartesianas x e y , era para encontrar a lagrangiana e as equações de movimento também.

ENTÃO VOCÊ FEZ A QUESTÃO 1 E 2 NA INTEGRA?

Acredito que sim. Não sei se acertei, mas fiz. O problema nº 3 era de uma mola num plano inclinado, só que a orientação do plano inclinado estava em x e a outra em y .

TAVA EM x OU VOCÊ SUPOS QUE TAVA EM x ?

Não (mostrando na prova): considere o eixo x paralelo ao plano inclinado. Então, quer dizer que você poderia ignorar o y , pelo menos no meu ponto de vista. O problema na questão nº 3 foi, justamente o que fazer com P_x a partir do momento em que ignorei o eixo y . Aí, eu sofri mesmo com um problema conceitual, acabei...

ENTÃO VOCÊ RESOLVEU O PROBLEMA 3 NA ÍNTEGRA?

Não, eu resolvi o problema 3 na íntegra mas ignorei o P_x , então eu não sei se ele vai...

VOCÊ IGNOROU O P_x ?

... Eu considero que ele esteja errado. Mas também não sei o que ele estaria fazendo... tá em x ali, ele não seria uma força... não sei... teoricamente, não sei...

MAS POR QUE VOCÊ FEZ O 1 E O 2 E NO 3 VOCÊ DEU UMA TITUBEADA?

Eu realmente fiquei confuso com P_x . P_x massacrou. Quando eu...

ESSE PROBLEMA É INÉDITO PRA VOCÊ?

É. No sentido de que no outro eu fiz, na outra prova, e eu errei. Eu deixei de lado, não acreditei que ia ter nessa prova, e acabei não estudando ele, ele então, se torna razoavelmente inédito. O meu problema é o seguinte: quando eu joguei o plano inclinado paralelo ao eixo x , então, pra mim, o peso desapareceu, conseqüentemente, o P_x também desapareceu... mas eu não tinha certeza que eu podia afirmar isso.

DAÍ, O PROBLEMA 4...

Ah, o problema 4... é um mistério... Não faço nem idéia... Eu fiz um monte de conta, uma lagrangiana imensa...

O QUE ERA PEDIDO NO PROBLEMA 4?

Era um pêndulo duplo, tinha que encontrar a lagrangiana em coordenadas polares.

VOCÊ JÁ RESOLVEU ALGUM PROBLEMA PARECIDO COM ESSE?

Nunca. Já resolvi de pêndulo simples. Aí, o pendulo simples é fácil. O que que eu fiz? Eu dupliquei o pendulo simples. Eu acho que isso é uma dúvida, como eu te falei, eu acho que a parte conceitual acaba falhando, porque eu coloquei um sistema lá em cima no teto, onde está pendurado o primeiro pêndulo e depois trouxe isso pro segundo pêndulo, e resolvi de novo. Como se o primeiro pêndulo não existisse. Depois eu somei tudo. Mas eu não sei se isso foi... lógico que ficou uma puta de uma lagrangiana, ficou um monte de coisa... e, como sempre a gente esbarra naquele, como eu te falei, até que no problema 3 – no problema 1 e no 2 nem tanto – mas no problema 4 como é uma coisa realmente inédita... você chega numa resposta que você não tem nem idéia se tem lógica ou não. Você não consegue analisar. É diferente de você chegar numa resposta onde a velocidade é constante e você já acha que a aceleração é igual a 0 e você fica contentinho, né...

ISSO JÁ ACONTECEU EM ALGUM PROBLEMA, ESSA SUPOSIÇÃO QUE VOCÊ FEZ AGORA?

No problema 1, no primeiro item, né... e no problema 2 quando você usa, quando você trabalha na coordenada x que é um movimento retilíneo uniforme. Então, você tem uma suposição... você sabe a resposta... como você vai chegar nela, é outra história.

MAS DE ONDE VOCÊ SABE A RESPOSTA?

Bom, eu no caso porque sou professor de ensino médio, e também porque quando você estuda física, conceitualmente você sabe que se o movimento é uniforme, a aceleração é igual a zero. Pelo menos retilíneo uniforme.

VOCÊ BALIZA SUA RESPOSTA PELO QUE VOCÊ JÁ SABE? É ISSO?

Você vê coerência na sua resposta. Eu não sei se você consegue balizar. Mas pelo menos você vê coerência. Quer dizer, você chega numa coisa que conceitualmente você tá esperando. É diferente você chegar numa resposta que... igual eu cheguei na lagrangiana do pêndulo e não sei interpretar o que eu fiz. Eu não faço nem idéia. É uma das coisas que a gente percebeu... que foi uma das evoluções que eu tive dentro do curso de mecânica, pelo menos até agora que eu achei legal, é que na primeira coisa quando eu trabalhava com Newtoniana, eu chegava na resposta matematicamente, né, eu cheguei na resposta e tal... agora, pelo menos eu já olho e falo bom... se pegar isso e diminuir disso, vai dar isso que o exercício te espera e o que o exercício te impôs. No pêndulo duplo é o problema, por exemplo, que eu não faço nem idéia se tem coerência ou não. Provavelmente, pode até ter coerência, matematicamente ele tá certo mas conceitualmente eu não tenho nem idéia. Matematicamente assim: desenvolvida as derivadas, etc, teta 1 teta 2, se junta L1 com L2... não sei se tinha que juntar... fica um mistério...

PROVA 2.2

E AÍ, COMO É VOCÊ FOI NESSA PROVA?

Então, como eu tinha te dito na entrevista passada, aquele erro que eu tinha citado que tava desconfiado se tinha ou se não tinha acabou se confirmando que era. Eu não fui atrás do erro, eu só esperei chegar a prova pra ver... se eu tivesse errado o exercício, abriria um novo caminho.

QUAL QUE ERA O ERRO MESMO?

Era o exercício 3, no qual eu ignorei a altura, porque eu considerei que o eixo x tava no plano... da mola, né, então, quer dizer, para mim não tinha altura. Aí, depois, quando eu estava fazendo o exercício que eu parei, pensei e vi que era um erro conceitual gravíssimo, diga-se de passagem, desconsiderar a altura lá. Uma coisa absurda. É que você faz a coisa tão mecânica, que você acaba desacostumando com esse tipo de coisa. Então, nos exercícios que você resolve no colégio são sempre parecidos e você acaba perdendo a mania de pensar. Foi a grande falha no exercício. E o exercício 4 que é aquela Lagrangiana no pêndulo duplo... as equações de movimento deu conta, conta, conta, que não acabava mais. Daí eu acho que encontrei um pouco de dificuldade em fazer a derivada. Com certeza, essa derivada do $\cos \theta_2 - \cos \theta_1$ não deu certo.

E O PROBLEMA 1 E 2?

Eu tinha acertado. O problema 1 e o 2... é como já veio nas outras provas... aí cai no ensino médio. Que a pesar de ser um formalismo completamente diferente, você sabe a resposta ou seja, você sabe onde quer chegar. Você tem uma certa evidência. Assim como, agora, esse problema 3, da mola, que eu acabei considerando a altura, eu também sabia a resposta, eu sabia onde queria chegar. Fica mais fácil pra saber se você está certo ou se está errado.

PROVA 3.1

E AÍ 3, FOI BEM AÍ?

Acho que não. Eu tenho a impressão que eu estou errando o problema 3. eu estou ignorando o eixo y e o negócio da mola eu não tenho nem idéia se está certo ou não.

E o 4?

É complicado falar se está certo ou não... eu não faço nem idéia se está certo ou não.

MAS O PROBLEMA 3... QUAL FOI SEU PROBLEMA?

Eu estou achando que eu errei ele na prova passada. Errei a lagrangiana dele. Se eu errei a lagrangiana, eu errei a hamiltoniana também.

VOCÊ NÃO REFEZ A PROVA 2 AINDA, NÉ?

Ainda não. Então... eu não sei se eu errei ou não. Na literatura eu não achei. Já pesquisei, não achei, então, eu acabei deixando... preferi não comentar com os colegas. Já discuti com o 4, ele tem uma opinião eu tenho outra... ou ele ta certo, ou eu to certo, como nós dois não temos o resultado da prova, então... e a nota da prova dele não diz se ele acertou ou não o problema.

ENTÃO VOCÊS NÃO CONVERSARAM SOBRE O PROBLEMA...

Conversamos... eu conversei com 4 pessoas: 2 tem o ponto de vista de que você realmente... como o eixo está orientado em x, ali, você simplesmente ignora a força peso, que é a minha opinião. 2 acham que não. E aí, está certo, está errado? Resolvi esperar o resultado da prova para saber se eu errei ou não... se eu errei, vou ter de ir atrás porque, provavelmente, eu devo ter errado a mesma coisa que eu tinha errado lá (NA PROVA ANTERIOR). Considerando que a média lá foi 6.5, com certeza eu errei o pêndulo duplo e devo ter errado uma parte desse exercício ou ele inteiro.

E O RESTO DA PROVA, COMO VOCÊ FOI?

O problema 1, no caso 1, foi fácil. O caso 2 eu resolvi ele pensando como lagrangiana, a pesar de ser Hamiltoniana. Então, fiquei em crise para saber se está certo ou não, porque a gente não trabalhou a Hamiltoniana com atrito. A gente só trabalhou a Hamiltoniana com sistemas conservativos. Em nenhum deles o sistema tinha algo que dissipava. A não ser na questão da mola. Mas na mola é fácil, você tem energia potencial. Já no caso 2 você não tem energia potencial, então eu calculei que isso era algo parecido com a lagrangiana.

O problema 2 parece ser simples, o que eu errei na prova passada foi porque eu chamei tudo de y e o corretor deu 0. Mas a partir do momento que tiver a prova 2.1

na mão, provavelmente eu vá ter mais certeza para fazer... aí, quando eu for fazer a 3.2, se eu errei o exercício 3, provavelmente eu vou acertar... porque a pesar de não estar batendo as informações, ou é uma ou é a outra... não existe um monte de soluções. Ou você ignora, ou não. Se não ignorar eu errei... aí, eu vou conseguir acertar na próxima prova... vai dar para ter uma idéia melhor.

PROVA 3.2

E AÍ 3, COMO VOCÊ FOI CARA? VIU SEUS ERROS?

Ah... eu acho que melhorei... Então, um erro eu não sabia que tinha cometido, que foi o da questão 2, uma falha conceitual. Na questão 2b, onde o sistema não é conservativo...

2 OU 1?

Uia... empresta uma caneta aí... é o problema 1, que eu tinha errado o caso 2, onde há atrito e a força deixa de ser conservativa... O sistema deixa de ser conservativo e eu calculei (A HAMILTONIANA) e estava errado, conseqüentemente eu errei essa daí. E a questão número 3 que é aquilo que eu te falei: eu reconheço que errei, mas insisti nele até o final. Mas acabei vendo que ele estava errado e recalculei ela agora, já considerando o Potencial do Peso, da componente do Peso, que eu não estava considerando e é por isso que eu estava errando nas outras duas provas. Há uma evolução nesse sentido, porque, quando você percebe o erro... na realidade vira uma coisa (FAZENDO GESTOS COM A MÃO, INDICANDO UMA SEQUÊNCIA). É por isso que eu quero refazer a primeira prova, porque lá foi exatamente isso que eu errei também. Acredito que a questão número 3 foi uma das coisas que eu errei lá também, justamente por não considerar o peso.

MAS E NESSA PROVA, DE MODO GERAL, VOCÊ REFEZ, FEZ O QUE VOCÊ TINHA...

Sim, eu refiz, fiz tudo que eu podia fazer, não sei se eu sou... provavelmente é uma falha minha, eu desenvolvi todo o exercício 4, que era aquele pêndulo, agora eu considere aquele potencial da mola, talvez mais corretamente, acredito eu... mas aí chegou no seguinte: quando eu fui calcular os momentos \dot{p} , o $\dot{\theta}$ foi fácil... o \dot{p} parou na derivada. Não sei desenvolver aquela derivada, não sei se consultando uma tabela de derivada eu saberia desenvolver, mas eu realmente não sei, deixei indicado. A primeira fase que é do Peso, que é o mgL , é fácil, a segunda fase eu não consegui fazer. \dot{p}_1 e \dot{p}_2 ... é o mesmo problema, essa parte aqui ó: (ALUNO

MOSTRA A PARTE QUE NÃO CONSEGUE FAZER, $\frac{d}{d\theta} \left(\frac{1}{2} Ke^x \dots \right)$ eu não sei derivar

isso aqui. Existem alguns truques... eu até vi o do 4 e parece que existe algum truque... mas eu continuei na minha opção de não alterar... é aquilo que eu falei na entrevista anterior, na última prova eu conversei com o 4, "tem que considerar. Não tem... tem, não tem..." eu preferi (O EIXO Y NA QUESTÃO 3), eu preferi continuar na minha linha de pensamento, acabei errando, ele tinha razão, agora eu corriji e...

não tenho nem idéia de como desenvolver isso aqui, não sei se é fácil, não sei se é difícil, não tenho nem idéia de como fazer.

DE MODO GERAL, VOCÊ REFEZ AS “RESSALVAS” QUE TINHA NA PROVA...

É, a grande vantagem é a seguinte: a gente evolui um pouquinho porque, a partir do momento que você vê sua correção e vê que aquilo que você estava pensando estava errado, você sabe que... a impressão que eu tenho é que, em todos os exercícios, com exceção dos exercícios que eu já esperava a resposta, exercícios 1 e 2, por exemplo, todos eles tinham 2 maneiras de se fazer. No exercício número 3, por exemplo, tinha 2 métodos, um, que era o jeito que eu estava fazendo, desconsiderando a componente P_x , e outra, que tinha que considerar. Quer dizer, como um jeito tava errado, então o segundo deve estar certo... isso facilita.

Existe um problema sério conceitual, muitas vezes você bate forte num problema conceitual, foi o que eu falhei aqui, e na primeira prova... não sei se dá pra considerar essa derivada aqui como um erro conceitual, mas eu não sei fazer ela. Não sei se com uma tabela de derivada eu saberia fazer ela.

ANEXO D – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 4

FORMAÇÃO

FALA UM POUCO PARA MIM SOBRE SUA FORMAÇÃO.

Eu sou formado em Física, licenciatura, me formei o ano passado (2006), aqui na UEL, formei e já fui direto para o mestrado.

VOCÊ ESTÁ COM QUANTOS ANOS?

27... Na formação é assim... se for fazer uma comparação com esse curso de mecânica. Primeiro, eu não tive essa mecânica durante o curso. Tive um curso de mecânica, de 1 semestre que, na verdade, foi um pouquinho mais elaborada, mas não chegava a ser uma mecânica analítica. Tinha algum conceito novo mas acho que pelo fato da turma ter muitos altos e baixos, talvez não deu tempo do professor passar a Lagrangiana e Hamiltoniana... acho que faltou um pouco direcionar assim... apesar de que isso era mais visto no bacharelado... e pouco na licenciatura... então, eu não cheguei a ver isso na licenciatura, durante a graduação.

MAS OS PROBLEMAS QUE VOCÊ VIU AQUI NO CURSO DE MECÂNICA ERAM NOVOS PARA VOCÊ?

Os problemas iniciais, aqueles mais simples, eu já tinha visto. É lógico que eu não tinha resolvido... eu tinha resolvido pela formulação Newtoniana, que a gente tem no colegial, de fórmulas mais diretas... não era uma coisa mais elaborada, uma coisa mais específica, igual é a lagrangiana e a hamiltoniana. E teve o problema do pêndulo duplo, que me perseguiu durante... na prova de seleção do mestrado... na época eu não fiz ele, eu não sabia nem por onde começar... você está acostumado com a formulação newtoniana, você parte de coordenadas x e y... saindo só disso

não dá para resolver ele. Precisa de uma formulação mais elaborada para se conseguir fazer ele...

NA GRADUAÇÃO VOCÊ TEVE MECÂNICA MAS NÃO FOI ELABORADA...

Não foi uma mecânica analítica, foi uma mecânica clássica, uma coisa comum, de resolver os problemas na forma newtoniana...

QUE LIVRO VOCÊ USOU?

Halliday. Já no curso de mecânica usamos Simon. Só que foi só a introdução do livro, porque no Simon tem a parte de mecânica analítica, só que a gente não chegou a ver nada... foi só uma introdução bem simples e resolvendo problemas que a gente resolvia praticamente como exercícios de Física I, quando a gente usava o Halliday... então, não teve avanço.

VOCÊ TINHA DIFICULDADES COM ESSA MECÂNICA QUE VOCÊ VIU NA GRADUAÇÃO?

Não. Algum ponto ou outro era uma coisa mais complicada, mas para mim era uma coisa bem simples. Eu tinha facilidade...

NESSE CURSO DE AGORA, VOCÊ TEVE FACILIDADE OU NÃO?

Olha... no começo, para mim, parece que era diferente, era pouco... parece que dava um certo incômodo você pegar e começar a trabalhar com uma maneira nova de começar a resolver os problemas, tudo... não sei... acho que se for para o lado mais... vamos tentar fazer uma metáfora assim: tudo é uma questão de linguagem... os problemas eram quase os mesmos era só o jeito de resolver, então era só uma linguagem... era assim... era o matrix. O cara está lá, o Neo. Ele não conhecia muito bem a linguagem da matrix aí chegava aqueles vírus e batiam nele. Chegou uma hora que ele olhava pro negócio e via lá a programação, conhecia a linguagem, então ele quase previa o que ia acontecer.

E VOCÊ FAZ ISSO HOJE?

Para mim hoje, eu vejo assim: a mecânica analítica você pode aprofundar ela mil vezes. É como se eu entendesse a linguagem. Comparando com o matrix, é como se eu entendesse a linguagem que foi programada a mecânica analítica. Eu bato o olho e vejo tem que seguir esse caminho assim. Acho que facilitou muito a partir de eu ter conhecido a linguagem da mecânica... a lagrangiana, a hamiltoniana, foi devagarzinho, então, sei lá, acho que ajudou um pouco. A hora que eu bato o olho, isso não é mais um bicho de sete cabeças para mim...

ENTREVISTA FINAL DO CURSO.

COMO É QUE FOI O CURSO? FAZ UM PANORAMA GERAL AÍ.

Eu acho que o bom foi eu conhecer a lagrangiana, a hamiltoniana, mas... eu não sei se pelo andamento da turma... mas eu acho que poderia ter aprofundado mais,

talvez até resolvido mais exercícios... mas eu acho que foi bom. Para mim eu acho que a vantagem foi essa: de ter conhecido um caminho diferente para a física e para a mecânica.

ISSO TE AJUDA DE ALGUM JEITO?

Ajuda. Se um dia eu estiver em uma situação de sala de aula e aparecer um pentelho... por que sempre tem um moleque que vai chegar com uma situação, com um problema para tentar ferrar o professor... aí eu acho que a newtoniana fica meio limitada para você conseguir provar alguma coisa, e quando você usa uma linguagem mais elaborada, eu acho que a gente tem uma ferramenta a mais para encarar um exercício.

PROVA 1.1

FALA 4, RESOLVEU A PROVA INTEIRA?

Eu tentei fazer ela inteira.

MAS FICOU ALGUM EXERCÍCIO POR FAZER?

Eu acho que o 3 e o 4 ficaram meio incompletos. O 3, especificamente, ficou incompleto. Na hora que chegou a matemática o bicho pegou... resolvi a alternativa a e a b. Na letra c ferra por causa da matemática. Tem uma integral aqui que é o bicho.

FAZ UMA GERAL NA PROVA AÍ.

O 1 é tranqüilo. No caso sem atrito, comecei pela definição (LEI DE NEWTON), e deu zero... acho que faz sentido porque se o movimento é retilíneo e uniforme não em aceleração, fazendo mais uma integral você chega na equação da velocidade. Na letra b, você integra de novo para chegar na equação da posição, que é a equação do primeiro colegial. Aí, tem o caso dois, que aparentemente é mais complicado um pouquinho porque tem o atrito, mas é fácil também. A única diferença do segundo para o primeiro caso é que entra o atrito, que é contrário ao movimento. Na equação da velocidade... é estranho aparecer um g influenciando no movimento horizontal, mas é porque ele influencia no atrito.

No 2 é um lançamento de um projétil, é tranqüilo também, para a horizontal a força é nula, é um movimento retilíneo uniforme, deu a mesma coisa que para o exercício 1. O negócio pega quando é aqui, na vertical.

E O 4?

É um campo elétrico... olha, é a mesma coisa de antes: sabendo a força você volta para a definição. Coloca no lugar da força, que é a força resultante, integra e chega na equação da velocidade. Integrando de novo agente chega nesse monstro aí, que dá a equação do movimento. Não sei se está certo, mas é isso aí.

PROVA 1.2

FALA 4, COMO FOI HOJE?

Eu fiz só o último. Da primeira vez eu tinha matado toda a parte conceitual, Física, só ficou um problema aqui na parte de matemática. Foi tranquilo.

EM QUE QUESTÃO FOI ISSO?

Foi na 4. O problema era a integral. Aí eu acabei de resolver ela.

VOCÊ ESTUDOU NA SUA CASA PARA RESOLVER ESSA QUESTÃO?

Estudei. Eu sabia que tinha feito errado. Quando eu acabei de fazer eu já sabia que tinha dado problema na integral. A questão 3 também parou na integral, nessa eu nem mexi. Não faço nem idéia de como resolve. Mas o resto está tudo certo.

PROVA 2.1

E AÍ, RESOLVEU TUDO?

Com algumas dúvidas, mas resolvi sim. O problema 1 foi tranquilo, sem problema... bem, só um na verdade, quando o cara fala para obter a lagrangiana com atrito. Não dá para obter com atrito. Eu vou usar a equação de lagrange na forma geral. Aí tá errado...

O QUE TÁ ERRADO?

Eu não posso escrever que existe lagrangiana. É um problema conceitual. Eu acho que aqui não tem essa lagrangiana. Eu coloquei ela, mas coloquei entre parênteses que eu acho que não existe isso daqui. Acho que o exercício morre aqui, determinando só a equação.

O problema 2, era do lançamento de projétil... esse foi na boa. A lagrangiana é fácil de determinar, a equação \ddot{x} é zero, tem que ser mesmo, porque é um movimento retilíneo e uniforme, a aceleração tem que ser zero mesmo. E aqui, é um lançamento na vertical, tranquilo também, a lagrangiana, e a equação \ddot{y} , igual a $-g$, pois está indo contra a gravidade. Foi tranquilo.

E A QUESTÃO 3, PEDIA O QUE MESMO?

Era um oscilador massa-mola que estava no plano inclinado. Pedia a lagrangiana e a equação do movimento. Resolvi sem problema... bom, acredito que foi sem problema. Primeiro eu determinei a coordenada generalizada, eu considerei o eixo x , a cinética já sai direto, o bloco movimenta nesse eixo aqui, no eixo x , que eu chamei de coordenada generalizada. Depois eu tenho que achar a potencial da mola, que é Kx ... e o problema tá na altura. Só que a altura, se eu considerar o referencial aqui (ORIGEM DO BLOCO), eu desprezo o comprimento inicial da mola, o L , logo, o h é $x \sin \theta$. Saiu numa boa, saiu tranquilo... achei a cinética e a potencial, aí, o resto é

continha... até chegar na equação de lagrange e na equação do movimento. Essa foi tranqüila...

E A 4?

A 4 é o bicho, né... a 4 é foda... a 4 é o pêndulo duplo.

RESOLVEU NUMA BOA OU ENCONTROU ALGUMA DIFICULDADE?

Eu acho que precisaria de mais tempo para resolver os cálculos... são muitos cálculos... cálculos pequenininhos, não são cálculos complicados, mas precisa de mais tempo.

ENTÃO, VOCÊ JÁ VIU ESSE PROBLEMA?

Eu tinha visto ele já, mas não tinha feito ainda... eu já tinha visto ele na prova... de seleção do mestrado. Na época eu tinha visto, tentei fazer em casa, mas não consegui. Já procurei em livro, para ver se achava ele resolvido, ou que desse alguma pista... você não acha ele pronto... aí eu tentei fazer alguma coisa... fiz ele... não completo, mas fiz ele. Na hora que chega para jogar a equação de lagrange, era uma conta que ia levar 1 hora, só para fazer a continha... é grande, é extenso... e outra, eu não sei se está certo também...

A QUE VOCÊ ATRIBUI O FATO DE NÃO SABER SE ESTÁ CERTO?

Eu não sei se os referenciais que eu usei estão certos ou não... se está certo a forma conceitual que eu estou usando para montar a lagrangiana. Se ela estiver certa, quando eu resolver a equação, eu vou chegar na equação do movimento certa. Se ela estiver errada é problema.

PROVA 2.2

COMO VOCÊ FOI NESSA PROVA?

Foi tranqüilo. Da primeira vez eu fiz o 2 e o 3 completo. No primeiro eu tive só uma questão conceitual, eu escrevi uma lagrangiana para um sistema que não era conservativo... eu não poderia escrever... e no último, do pêndulo duplo, que eu tinha feito um negócio meio maluco, tinha colocado o referencial em cada pêndulo, só adotei o referencial no pêndulo 1, e fiz o exercício com o referencial do pêndulo 1. Ficou mais fácil de resolver... não deu tanto problema como da outra vez... teria dado certo do outro jeito, mas o caminho era bem mais complicado. Do jeito que eu resolvi hoje, digamos assim, é um caminho mais largo, não tem tanto lugar para cair... se seguir aquele caminho, com o referencial na origem, é tranqüilo, você sabe que se tiver um problema no meio do caminho, foi alguma conta ou alguma coisa assim...

DE MODO GERAL, VOCÊ DISSE QUE TEVE PROBLEMAS COM O PROBLEMA 1...

É, foi um problema conceitual... da primeira vez que eu tinha feito ela, eu não tinha atentado para isso. Depois é que eu fui ver que eu estava escrevendo a equação de lagrange para um sistema conservativo só que eu estava trabalhando num sistema que não era conservativo. Isso foi um problema conceitual que eu lendo a parte de conceito da lagrangiana, aí eu vi que foi um equívoco.

PROVA 3.1

E AÍ, COMO É VOCÊ FOI NA PROVA?

Acho que foi mais ou menos tranqüilo. Com exceção do último que tinha que pensar bastante... eu tentei, não sei se está certo.

O QUE É VOCÊ ACHA QUE FEZ CERTO NA PROVA?

O 1 o 2 e o 3 é tranqüilo. Só no 1 aqui... na hora do... que tem uma força, que é a resultante, que é o atrito, que, no caso, o sistema tinha que ser conservativo... e aí, você não pode mais usar aquela Hamiltoniana, que é $H = T+V$, daquele jeito lá, porque o sistema é conservativo. Você não pode usar ela aqui. Então teria que usar uma fórmula mais generalizada dela para considerar essa força externa, que no caso, a Lagrangiana tem uma, onde entra a força externa. O 2 e o 3 é tranqüilo, o 4, ele parece ser muito difícil, mas na hora que você mexe nele, não sei, parece que não é tão assim... complicado.

ENTÃO, VAMOS DE NOVO, O 1 VOCÊ FEZ METADE...

Não... foi só aquilo lá... eu acho que não tinha que fazer... como é que você vai achar a Lagrangiana para um sistema que não é conservativo... tem que usar lá: derivada parcial do dT , igual o Q_j lá, que é uma força interna, e, para esse caso aqui, você não escreve a Lagrangiana...

SE DESSE PARA ESCREVER A LAGRANGIANA VOCÊ FARIA ELA?

Aí eu faria...

ENTÃO, A HAMILTONIANA VOCÊ NÃO FEZ PORQUE...

Eu acredito que, na hora de usar aquela fórmula, da Hamiltoniana, $H = T+V$, isso aí vem de uma definição conceitual que é válida para um caso onde o sistema é conservativo. Quando você coloca que há uma força de atrito, o sistema não é conservativo... está tendo uma dissipação de energia para a força de atrito. O $H = T+V$ é uma consequência da lei da conservação da energia. Então, não pode escrever.

NO MAIS TUDO BEM?

O 4 é que vai complicar um pouco... acho que o 4 é você conseguir identificar como é que um pêndulo está interferindo no outro... no funcionamento do outro. Aí, eu considere que... a grande sacada estava na mola, se não tivesse mola, um não interferiria no outro. Então, o que é que acontece? Quando você empurra o um a

mola, ou vai empurrar ele, o dois, e, quando ele vai voltar para a posição original, continuando a oscilação, ele vai puxar o dois. O dois, já tem o movimento que vai descer e vai sofrer a ação da mola... eu acho que o grande problema é calcular a energia potencial. No caso, a potencial vai ser: a potencial da mola + a potencial dos dois pêndulos. Aí você faz o vínculo de um com o outro. Não sei se está certo, ou não...

PROVA 3.2

O QUE VOCÊ TEM PARA TE DIZER SOBRE ESSA PROVA?

Eu acho que eu refiz ela mais para rever os pontos que pegou. Eu acho que o que pegou mais aqui foram os cálculos matemáticos, acho que da outra vez eu fiquei muito preocupado para achar onde estava o problema dela, pensando mais o lado conceitual, para montar o problema e depois resolver... talvez, da outra vez eu tenha me perdido nas continhas, nas coisas mais simples, e por isso, talvez, eu não tenha chegado num resultado certo.

VOCÊ TIROU QUANTO DA PRIMEIRA VEZ QUE FEZ A PROVA 3?

9.7.

EU QUERIA CONVERSAR UM POUCO SOBRE A EVOLUÇÃO DAS SUAS NOTAS, DESDE O COMEÇO DO CURSO.

Eu acho que foi, como eu tinha dito da outra vez, eu fui conhecendo a linguagem da lagrangiana, da hamiltoniana, sei lá, eu acho que cada hora que eu ia resolvendo um exercício, eu ia conhecendo onde ia dando problema, onde não dava, o que eu podia fazer, o não podia, eu acho que eu fui me familiarizando com o conceito da hamiltoniana e da lagrangiana.

O QUE VOCÊ ACHA DO ESQUEMA DE REFAZER AS PROVAS?

Eu encarei mais como um desafio, porque eu não fui tão mal assim nas provas, então, eu ficava pensando: pô, mas o que foi que eu errei aí, o que dava para ser feito? Um jeito diferente de superar o que eu tinha errado. Quando eu pegava ele e resolvia, olhava, pensava um jeito ou outro... não sei, eu acho que eu fui tirando as dificuldades que eu tinha, os pontos que as vezes eu não estava compreendendo direito, conceito, uma coisinha ou outra, você resolve, vê uma parte da teoria, vai se familiarizando mais ainda e vai ficando mais fácil.

NA HORA DE ESTUDAR, VOCÊ O FEZ SOZINHO OU COM ALGUÉM?

Olha, eu estudo muito sozinho, mas eu acho que só estudar sozinho parece que não é suficiente. Parece assim, que eu tenho alguma coisa de chegar e... igual, todo mundo, a Ana, o pessoal, fica tudo me perguntando, e assim: ensinar para alguém, não sei se eu ensino certo, ou não, parece que quando eu ensino eu aprendo mais ainda. Parece que quando eu ensino eu vejo aquilo de um outro ângulo, do que quando eu estou estudando sozinho. Aquilo vai me dando a possibilidade de

conhecer os vários pontos que eu tenho problema, nos exercícios, nos conceitos, isso parece que vai clareando a cabeça, estudar sozinho e ensinar, nem que seja uma passagem pequena, bem rápida, mas ajuda.

A QUESTÃO DE REFAZER AS PROVAS, PARA VOCÊ FOI UM DESAFIO?

Eu encarei como um desafio, por que é que eu não posso tirar 10? Tem algum ponto que está com problema, então eu tinha que descobrir esse ponto.

QUANDO VOCÊ ESTUDAVA, VOCÊ O FAZIA COM ALGUÉM QUE TE ENSINAVA OU COM ALGUÉM QUE VOCÊ ENSINAVA?

Eu estudo, vamos supor que eu coloque uma escala de aprendizagem, de 0 à 100. Quando eu estudo eu aprendo até 70. Parece que quando eu ensino alguém, eu completo o resto até 100. Parece que quando eu ensino alguém, eu costuro minha aprendizagem. É um arremate. Quando eu ensino, parece que dá uma segurança no que eu aprendi. Vai consolidando o que eu aprendi.

E AS AULAS DURANTE O CURSO, COMO É QUE FORAM?

Acho que ajudaram bastante. Tinha alguns pontos da teoria, da lagrangiana, da hamiltoniana, que eu não tinha pensado. Eu acho que quando eu vi a apresentação da teoria, com a resolução de alguns exercícios, parece que aquilo lá é como se fosse a apresentação do conteúdo para mim. Acho que ajudou, tanto é que eu tentei, por exemplo, o exercício do pêndulo duplo, por exemplo, eu tentei fazer sozinho, antes do curso, eu não consegui. Parece que faltou uma ponte entre aquilo que eu consegui, até onde eu cheguei, e o que eu consegui fazer aqui, completo. Acho que foi durante as aulas que eu peguei essa ponte que... parecia que estava meio escuro para mim... durante as aulas, estudando, o negócio ficou mais simples.

AS AULAS CLAREARAM OU A RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS CLAREOU OU A EXPLICAÇÃO DA TEORIA CLAREOU?

O conteúdo foi importante no sentido de apresentar a linguagem. Para eu me familiarizar, aprender a linguagem, acho que o exercício foi assim, um... quando eu for resolver um exercício desse jeito, eu tenho que seguir mais ou menos desse jeito, essas etapas aqui. A resolução do exercício em sala serviu para isso, eu vi um ou outro sendo resolvido, depois eu... é como se eu pegasse aquele modelo e fosse seguindo nos outros. É lógico, para cada situação, eu usava o esqueleto, digamos assim, depois, eu pegava o exercício e ia enchendo aquelas lacunas.

NA SALA VOCÊ RESOLVIA EXERCÍCIOS EM GRUPO OU ERA INDIVIDUAL?

Em grupo. Mas em alguns momentos era individual.

QUANDO VOCÊ RESOLVIA EM GRUPO VOCÊ TINHA OPNIÕES DIFERENTES DO QUE QUANDO VOCÊ RESOLVIA SOZINHO?

Mesmo estando em grupo eu penso um pouco antes. Eu fico em grupo mas eu fico calado para desenvolver o raciocínio. Depois que eu desenvolvi o raciocínio é que

eu chego e converso para ver se estava certo, ou não, as vezes tinha outro grupo, onde tinha o 5, o 3, o 1, e eu queria saber se eles tinham chegado na mesma coisa que eu cheguei... queria saber se a idéia deles tinha sido mais ou menos a mesma que a minha, do nosso grupo... as vezes no grupo mesmo: será que é assim, será que não é... as vezes, a pessoa até não está entendendo direito, mas ela questiona: será que é assim? A gente fica meio... pô... deixa eu rever os passos aqui para eu ver se está certo. O grupo ajuda nesse sentido, você vê um negócio e de repente você está tendo uma visão errada e o outro está com mais facilidade.

PARA QUE SERVIRAM AS AULAS?

Para familiarizar mesmo, o jeito de resolver... o esqueleto. Se você for ver mesmo, é mais ou menos... você segue um padrão para resolver o exercício. É lógico, quando você busca um que você nunca viu, você tenta buscar o que está acontecendo fisicamente, se você entender o que está acontecendo fisicamente, você tenta seguir o esqueleto, a linguagem.

ANEXO E – ENTREVISTAS REALIZADAS COM O ALUNO 5

FORMAÇÃO

5, FALA PARA MIM SOBRE SUA FORMAÇÃO.

Eu sou formado em Física, pela Federal do Paraná, licenciatura e bacharelado, embora bacharelado com algumas dificuldades, mas sou formado nos dois, eu tenho também uma especialização em administração escolar e alguns outros cursos que eu fiz aí, de astronomia e outras áreas afins... cursos de extensão assim, na maioria...

EM QUE ANO VOCÊ SE FORMOU?

1991. Bacharel. Mais tarde foi a licenciatura. Uns 9 anos depois.

VOCÊ FEZ EM 4 ANOS?

Não. Bem na época nasceu a minha filha, então, eu tive que trancar o curso, mas, ao todo, eu demorei uns 6 anos para me formar. Eu tive problemas no casamento... filho a gente tem que ter prioridade. Eu também já tinha começado a fazer mestrado algumas vezes, mas por problemas financeiros, entre outros, acabei tendo que optar... mas hoje, a prioridade 0 para mim é o mestrado. Deixo tudo para trás.

VOCÊ JÁ TINHA VISTO ESSES PROBLEMAS DE MECÂNICA QUE VOCÊ RESOLVEU DURANTE ESSE SEMESTRE?

Não. A não ser esse pêndulo duplo que eu vi pela primeira vez quando eu entrei aqui no mestrado, mas eu não consegui resolver, tentei, acho que foi o único problema que eu deixei da prova do mestrado. Eu lembro que pedia para calcular a lagrangiana e a hamiltoniana... eu não sabia fazer. Eu não sabia nem como começar. Eu estava tanto tempo sem ver isso que... eu acho que coloquei a

equação de lagrange... mas não consegui continuar. Foi o mesmo problema que eu tive agora, eu não sabia como colocar... achar as coordenadas, não sabia como montar o problema. Pelo menos agora eu consegui montar ele. Se acertei é outra história, mas que eu montei eu montei. Coloquei ali a energia cinética, a energia potencial, tudo certinho... com coordenadas polares, tudo isso eu fiz, no final... se eu errei, foi o final...

VOCÊ TEVE MECÂNICA NA SUA GRADUAÇÃO?

Tive. Mecânica quântica e mecânica racional, é chamada também de mecânica clássica.

QUE TIPO DE LIVRO VOCÊ USOU?

O Simon, e por conta própria o mecânica racional, o Zigue... griff... alguma coisa assim, os engenheiros usam muito ele... teve mais um também da coleção shaw... mecânica racional. Mas faz muito tempo isso. São 3 livros que eu estudei. Mas já estava tudo esquecido, o pouco que eu aprendi, não tinha utilizado, já tinha esquecido. Talvez até tenha lembrado...

NESSA ÉPOCA VOCÊ TINHA DIFICULDADES COM A MECÂNICA?

Tinha. Mas eu tinha um professor que... era questão de didática do professor. Acho que ele não sabia muito bem como... como... eu estava deslocado na minha época de graduação, por vários motivos, então, o professor me bloqueava um pouco, não era uma pessoa muito acessível, então, eu não tinha como tirar as dúvidas, eu tive dificuldades... na época eu era muito imaturo, eu acho que eu tinha medo de perguntar, coisas assim... não era só o professor, era culpa minha também, quem quer corre atrás, quem quer consegue. Eu sou dessa teoria. Então, na época eu tive dificuldades porque eu mesmo não procurei saber... agora, é outra época, se eu tirei nota nas provas, foi porque eu não fiquei só nas aulas, eu fui lá, tentei fazer, testei, inventei problemas para ver como é que ficava mesmo, se batia o resultado mesmo, então, eu estou mais maduro do que quando fiz a graduação. A gente tem mania de culpar o professor, mas a gente também... na época eu também tive minha culpa. Eu podia ter feito: Ô professor, como é que resolve esse negócio aí... eu podia ter chegado assim: estou com dúvida, me perdi... hoje eu faço isso, hoje eu tenho mais desenvoltura com isso, creio que amadureci. Mesmo que eu estivesse tendo aulas com esse professor eu... se ele não quisesse explicar eu ia em cima dele: como é que é, eu estou estudando, eu quero saber, eu quero passar... eu não quero só passar, eu quero entender isso aí. Acho que nesse ponto eu mudei um pouquinho. Eu era muito tímido. Mas é coisa de... eu até falei várias vezes, eu tinha medo de lagrangiana... timidez minha. Inexperiência, creio eu.

ESSA TIMIDEZ SE MANIFESTAVA EM OUTRAS ÁREAS DA FÍSICA?

Não. Era mais no... no cálculo eu tinha bastante facilidade, não tinha problemas, cálculo diferencial e integral, para montar equações diferenciais eu não tinha dificuldades... era mais na mecânica, depois, na mecânica quântica. Mas no resto, eletromagnetismo, eu achei relativamente fácil, mais fácil do que mecânica quântica, embora tenha umas questões graves... foi mais na mecânica mesmo que eu

apanhei bastante. Talvez porque eu tive uma iniciação ruim. Acumulou: eu não entendi bem a mecânica racional, depois eu não entendi a mecânica quântica, e a coisa foi um efeito cascata.

ESSES PROBLEMAS, POR EXEMPLO, QUEDA LIVRE, MOVIMENTO, MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES, VOCÊ JÁ TINHA LIDADO COM ELES?

Já. Especialmente na mecânica quântica, que tem... e também com a hamiltoniana. Eu já tinha resolvido, mas eu não tinha entendido como é que funcionava o método. Mesmo a mecânica quântica, eu tinha usado hamiltoniana já, mas eu não sabia como que fazia. Eu também já tinha visto lagrangiana também, mas é daquele jeito: tudo bem, é assim, assumo que é assim, mas eu não tinha entendido como é que fazia, desde o princípio... o que me ajudou agora foi que eu vi o problema assim... peguei um probleminha simples e resolvi com um método poderoso, e entendi... cheguei num resultado que eu sabia, que era previsível pela Newtoniana.

VOCÊ PÔDE COMPARAR?

Sim, pude comparar.

ISSO TE AJUDOU?

Sim, com certeza. Foi assim que eu percebi que o método funcionava. Aí, quando você vê que ele funciona, você aplica à coisas mais complicadas. Isso me ajudou. Isso, nas minhas aulas eu vou usar. Mesmo que eu esteja utilizando o método mais difícil do mundo, eu vou pegar um probleminha bem simples e vamos testar o método. Depois nós vamos melhorando. Se não, o aluno também se perde, talvez eu tenha me perdido por isso... eu pretendo usar nas minhas aulas isso aí... até... se eu for dar matemática um dia, matrizes, pega uma matriz... aplica para uma de segunda ordem, o método de uma de quarta ordem, para ver se funciona, depois passa para quinta, sexta ordem, se for o caso, é essa a idéia... muitas vezes o professor estava afoito e resolvia problemas mais complicados, daí, a gente ficava sem entender se o método funcionava ou não.

VOCÊ RESOLVEU PROBLEMAS FÁCEIS NESSA DISCIPLINA DE MECÂNICA?

Teve uma graduação, teve problemas fáceis... queda livre, por exemplo, é um problema fácil... não que seja fácil, são mais conhecidos da gente, não vou dizer que seja fácil, porque nenhum problema é realmente fácil, é que a gente desconsidera algumas coisas, uma resistência do ar, uma porção de coisas... embora teve alguns problemas que teve isso aí, mas de modo geral, não foram problemas fáceis não. Especialmente o pêndulo duplo, não é um problema fácil não. Teve o pêndulo cônico que nós resolvemos...

ESSE É UM PROBLEMA COMPLICADO?

Depende de como você ataca ele, agora eu já entendi... quando eu vi pela 1ª vez, eu olhei assim... não entendi como é que fazia, mas a gente discutiu com os colegas, peguei... eu falo que entendi sozinho mas as vezes o Ferdinando me ajudou a começar o problema, quando eu começava a fazer eu já sabia. Os colegas me

ajudaram a dar aquele start, a iniciar a resolução. De modo geral, teve alguns problemas para começar que foram fáceis... quer dizer, fáceis não, conhecidos, mas depois a gente foi atacando problemas mais complicados, que tem muito graduando em Física que não sabe fazer.

PROVA 1.1

VOCÊ FEZ TODA A PROVA 5?

Eu só deixei de fazer, na terceira questão, eu não consegui fazer a última integração para achar x em função do tempo... mas deixei indicado, vamos ver o que vai dar. Os demais, praticamente eu desenvolvi todos.

O QUE O EXERCÍCIO 1 PEDIA MESMO?

Ele queria encontrar a equação do movimento do carrinho, a posição do carrinho e a velocidade do carrinho. Então, tinha que fazer, na verdade, duas integrações e... primeiro, tinha que montar a equação Newtoniana dele, vamos dizer assim, depois fazer uma integral, para achar a velocidade, depois fazer outra, para encontrar a posição. Ah... ele tinha 2 situações, na situação 1, não havia força nenhuma, daí, eu comecei o exercício supondo que ele tinha uma velocidade inicial, não nula, ou seja:

$m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0$. Depois, fiz aquela algebrinha... integrei de 0 a t , para encontrar a velocidade com o tempo. Depois, fiz que $\frac{dx}{dt} = v$, fiz as duas integrais, encontrei x de t ... é uma equação meio batida, a gente faz isso meio direto...

VOCÊ SABIA ONDE IA CHEGAR RESOLVENDO ESSA CONTA?

Para te falar a verdade, não... eu não parti de nenhum pré-suposto. Eu simplesmente fiz a integral, aí eu conheci, que já tinha visto essa equação algumas outras vezes, então, como essa equação final... ela já é a equação para o movimento uniforme. Tendo força nula, eu deveria chegar nisso aqui. Quando eu cheguei no final, falei: bom deve estar certo porque essa equação é do movimento uniforme.

A situação 2 falava que existia uma força de atrito, então, eu coloquei aqui que ela seria uma força contrária ao movimento. Eu coloquei ela como negativa. Uma força que vai atrapalhar o movimento. Eu coloquei, a massa . aceleração = $\mu \cdot N$, a força normal, dizia o exercício, era igual a força peso. Então, eu coloquei, $m \cdot g$, e coloquei aqui: $\frac{d^2 x}{dt^2} = -\mu g$. Aí, resolvi... depois tive que integrar novamente, fazer uma integração, daí obtive a equação.

E A LETRA C, PEDIA O QUE?

A letra c queria a posição com o tempo. Eu integrei mais uma vez... o v , que é $\frac{dx}{dt}$, eu fiz mais uma integração.

E O 2?

Era um lançamento horizontal... (USOU O TERMO ERRONIAMENTE) de acordo com Galileu, eu dividi o movimento em horizontal e vertical.

VOCÊ FEZ ELE TODO?

Se eu não cometi erros, eu fiz ele todinho sim. Antes eu achei a equação do movimento horizontal. Como as forças são nulas, então, horizontalmente são nulas, aqui eu já fiz (MOSTRA A EQUAÇÃO DIFERENCIAL PARA MOVIMENTO UNIFORME). A letra a era para o movimento horizontal e a b para o vertical. Eu fiz um resuminho aqui, serve? Então, eu encontrei a equação de movimento, quer dizer, somatório de forças igual a zero. Assim como eu fiz no 1, eu integrei uma vez e encontrei aqui que a velocidade em x era constante e valia $v_0 \cos \theta$, para o horizontal, integrei, e encontrei um equação semelhante a aquela do movimento uniforme. Na letra b era semelhante, porém, havia a aceleração da gravidade. Resolvi e encontrei. Só uma coisa: eu queria encontrar o alcance do projétil... eu até perguntei na hora mas... há uma relação entre o tempo de queda e o tempo horizontal. Eu poderia colocar uma equação aqui... mas eu não tenho as condições iniciais.

E O 3?

Ele falava do sistema massa-mola. Eu fiz até uma parte. Quando eu cheguei numa última integral, falei: vixi... isso aqui não... a letra a pedia a equação do movimento, depois a velocidade e a posição x de t. A equação do movimento eu acho que saiu, acho que foi isso aqui mesmo. Coloquei o somatório das forças, que seria igual a

$P \sin \theta - KX$. Aí, integrei e encontrei aqui $\frac{d^2x}{dt^2}$... (VER PROVA). A partir disso eu fiz a

letra b, que pedia a velocidade em função do tempo. Eu integrei e encontrei essa coisa aqui, esse monstrinho... o problema é que na letra c eu já tinha essa equação aqui, eu me perdi, eu não consegui... eu deixei indicado aqui... aqui está a velocidade em função do tempo...

VOCÊ RESOLVEU ENTÃO...

É, na hora de resolver o x de t eu tentei agrupar tudo em uma constante só mas não consegui. Eu não consegui chegar até o final. Acho que aqui no meio eu fiz alguma bobagem. Eu não consegui resolver essa integral aqui.

VAMOS PARA O 4 ENTÃO...

A força envolvida ali seria a força elétrica, que estava indicada no problema, eu usei, sem pensar 2 vezes, apliquei as leis de Newton... até passei aqui, dividindo... a letra a ele pedia a equação de movimento. Daí, depois, ele pedia a velocidade com o tempo. Daí, novamente, como os anteriores, eu integrei e achei a função da velocidade. No final, até não sei... integrei mais uma vez e achei esse monstro aqui que é a posição em função do tempo. E foi isso que eu fiz.

PROVA 1.2

Eu fiquei surpreso. Eu achei que tinha errado a última questão, mas eu fiz certo. Eu estava meio assim... não estava confiante, mas eu fiz tudo que tinha que fazer, né... só que eu descobri que meu problema está em cálculo mesmo... eu errei a terceira, de novo, eu não consegui, estou bravo... estou bravo porque não consegui... eu repeti tudo, tudo que eu fiz na primeira, eu fiz de novo, dei uma revisada, mas essa questão 3 ali... essa integral, cheguei num momento que: como é que eu vou separar aquelas variáveis? Deixar o que tem x, e o que tem t, então, não sei... não sei se eu vou poder fazer de novo, mas eu vou revisar meu conceito de cálculo. Meu problema foi cálculo mesmo... a questão física, tranqüilo...

DA PRIMEIRA VEZ VOCÊ TINHA RESOLVIDO...

Todos... inclusive o 3, eu achei que, deixei aquele pedacinho, né... e agora, deixei de novo. Mas é uma questão de cálculo mesmo, a física está o.k, mas cálculo diferencial e integral, eu tenho que dar uma retomada... porque, eu falei para o Sérgio, eu patinei, patinei, patinei, mas não saí do lugar... agora, lagrangiana, depois vamos ver...

PROVA 2.1

Não sei se eu devo justificar ou não, mas eu estava que nem um carro de fórmula 1, como os 4 pneus arriados e jogando óleo na pista. Estava cansado, tive um monte de coisa para fazer, não estudei muito...

NÃO ESTUDOU MUITO OU NÃO ESTUDOU?

Olha, se eu estudei, foi umas 2 horas para essa prova, fora as aulas.

VOCÊ SE BASEOU EM QUE PARA FAZER ESSA PROVA?

Nas aulas, eu acho que eu peguei bem a idéia, mas eu não tive muito tempo para estudar, porque eu tive que preparar os dados da dissertação... não sei se eu fui... olha eu fiquei com raiva da última.

FAZ UMA GERAL DA PROVA.

Acho que o 1 era parecido com o da outra prova. Era um móvel, que andava na horizontal. Só que agora, eu tive que achar a lagrangiana do sistema. Na outra prova era a formulação newtoniana. Nesse exercício tinha o caso sem atrito e com atrito. Eu acho que resolvi os dois casos. Essa daí foi tranqüila. Eu usei o método lagrangiano... normal. Achei a lagrangiana... tranqüilo, não tinha potencial, o potencial era igual a zero, a energia cinética, $\frac{m\dot{x}^2}{2}$, não achei difícil...

E O PROBLEMA 2?

O problema 2 era do lançamento oblíquo. A impressão que eu tinha era de ter feito alguma besteira, mas eu fiz separadamente, o eixo x e o eixo y, separei os dois

movimentos. Eu achei... depois eu vi pelo resultado: poxa, eu achei alguma coisa coerente, na horizontal, eu achei aceleração nula, e, na vertical, eu achei lá, uma aceleração condizente com o que eu já... então, eu acho que com a lagrangiana, usando o método de lagrange, eu consegui encontrar o que eu já esperava encontrar.

COMO ASSIM O QUE VOCÊ JÁ ESPERAVA?

Assim... porque na horizontal não haveria aceleração. Já na vertical haveria aceleração. Como eu achei isso aí, eu pensei: deve estar certo. Mas eu fiquei com um certa dúvida nesse θ aqui. Será que eu teria que utilizar ele para alguma coisa? Mas não havia vínculo entre o movimento na horizontal e o da vertical. Eu não utilizei o θ . Usei x e y .

No terceiro, do plano inclinado, eu só considerei o movimento no sentido da mola... e um potencial nessa direção. Se fosse... havia então... é que aí que foi minha dúvida. Havia um potencial gravitacional aqui. Menor do que o vertical mas havia. A gravidade puxava ele para baixo, só que inclinado...

MAS QUAL FOI SUA DIFICULDADE?

É que eu cheguei nesse exercício meio cansado. É, eu sabia que havia um potencial elástico e um gravitacional. Havia uma energia cinética envolvida. O movimento. Então, eu montei a lagrangiana dele... acho que está razoavelmente... se eu errei foi um sinal, alguma coisa assim, mas creio eu que acertei. Também, a equação de movimento final... deveria haver um potencial elástico, e um potencial gravitacional, derivado de...

VOCÊ JÁ SABE A RESPOSTA?

Pela experiência da newtoniana, a gente espera que deve ter algo assim... é um problema que envolve mola, e envolve também gravitacional. Então, deveria haver... uma intuição me dizia que, na hora de analisar eu fui bem intuitivo: deve ter aceleração, deve ser função do potencial elástico e do potencial gravitacional. As duas coisas envolvidas. Então, nisso que eu me baseei. Agora, o que eu não tenho muita certeza aqui, é do sinal. Eu sei que eu estou... eu estou errando... eu preciso estudar mais com muito cuidado a questão do referencial. Para mim, não está... eu não estou sabendo fixar bem um referencial. Acho que minha dificuldade nessa prova foi isso. Na lagrangiana meu problema está sendo referencial. Quando que usa, tal... quando usa e quando não usa o θ . Se eu fizer essa aqui de novo, eu vou estudar mais como é que usa o θ e como é que usa o... bom, positivo e negativo, para cima e para baixo, isso é fácil. Agora, mesmo isso, as vezes não consigo. A questão do referencial...

E O PROBLEMA 4?

Era um pêndulo duplo. Só que eu não sei... eu achei fácil de mais para resolver ele. Eu estou desconfiado. Quando a esmola é muita, o santo desconfia. Eu achei fácil de mais, da maneira como eu resolvi. Eu fiz em coordenadas polares, só que um sem vinculação com o outro. Acho que isso foi meu erro. Pensei assim: acho que o que eu fiz, não prevê, quando o outro pêndulo voltar, será que o outro vai ter que

voltar também? O que é que vai acontecer? A impressão que dá é que essas duas esferas aqui, vão estar vinculadas de alguma forma, e, eu não considere isso. Foi a impressão que eu tive... tem esse plano de fixação aqui... só que tem uma coisa: quando esse pêndulo aqui voltar (PÊNDULO 1), será que não vai acontecer nada com esse aqui de baixo?

VOCÊ CONSEGUIU RESOLVER DESSA MANEIRA?

Não, eu não consegui achar esse caminho. Agora, eu vou te dizer: eu vou achar. Minha nota... assim, deve ficar entre... os dois primeiros eu resolvi... deve ficar entre... não sei...

PROVA 2.2

E AÍ, COMO VOCÊ FOI NESSA PROVA?

Eu acho que foi melhor que a primeira. Eu já tinha feito a primeira e a segunda questão, então eu já tinha... praticamente eu copieei, só dei uma olhada se estava tudo certo... até me inspirei para fazer... fiz a 1 a 2 e a 3, mas ataquei a 4 mesmo, a questão do pêndulo duplo, que eu já tinha enfrentado ela antes, mas não tinha resolvido ainda, o final ficou um pouco esquisito assim... não sei mas, eu acho que eu fiz certo... a não ser que eu tenha errado um sinal... mas eu montei as coisas certo, agora, o que eu fiz assim, a conclusão que eu cheguei, assim, fiquei olhando para esse negócio até agora, mas matematicamente acho que está correto. É bastante extenso o problema 4, mas a conclusão está um pouco estranha... se bem que era de se esperar...

O QUE QUE ERA DE SE ESPERAR?

Ah... um pêndulo duplo é um pêndulo duplo... é um sistema mais complexo, umas coisas que acontecem lá no meio... eu também não esperava que fosse uma resposta simples... mas acho que a vez que eu fui melhor nesse pêndulo duplo foi agora. Eu acho que tem como melhorar ainda...

A QUE VOCÊ CREDITA SUA MELHORA?

Olha, não quero puxar a sardinha de ninguém, mas a clareza que eu tive esse conteúdo agora... eu acho que sarei da minha "lagrangite"... é, porque eu falei que eu tinha lagrangite quando entrei nesse curso...

O QUE É LAGRANGITE MESMO?

É um termo que eu inventei... eu tinha medo de fazer lagrangiana, eu até sabia, já tinha feito curso antes, mas eu tinha... eu não entendia como é que funcionava, o que que o método... qual era o objetivo do método, eu não tinha entendido o método. Agora eu entendi, entendi a facilidade, porque ele ajuda... mesmo que eu tenha várias coordenadas, isso facilita bastante para resolver os problemas. Então, realmente facilitou... eu nunca ia enfrentar esse pêndulo duplo com outro método, para mim facilitou bastante. Eu senti... eu pude sentir a utilidade dos métodos... a explicação, foi simples, foi direto e deu exemplos, isso daí, para mim, foi o que eu

precisava para aprender esse conteúdo. Não teve rodeios, não teve problemas mais complicados, partimos de problemas simples, para depois atacarmos problemas mais complicados. Eu senti isso no meu aprendizado aqui. Eu senti que... eu não sei se eu sei fazer tudo, mas eu senti que eu aprendi a aplicar o método. Isso que eu achei legal.

VOLTANDO ÀS QUESTÕES DA PROVA, VOCÊ TINHA RESOLVIDO A 1, A 2 E A 3, SÓ FICANDO A 4 POR FAZER?

Eu tentei fazer, na hora eu não tive inspiração, na verdade é que, depois, eu descobri que a questão, minha, era a questão das coordenadas, x_1 e x_2 , como é que eu ia colocar isso, como eu coloquei isso na prova, como eu estabeleci bem as coordenadas, saiu. Claro, ficou bem complexo, muita... escrevi até dos lados da folha, para caber tudo na mesma linha... mas cheguei num resultado, estou desconfiado desse resultado, mas cheguei em alguma coisa... esse é que é o problema... mas nunca cheguei tão longe. Pelo menos eu encarei o problema, pode ser que seja isso mesmo, acho que eu fiz o que eu sabia, cheguei num resultado que eu achei estranho, mas cheguei no final. Agora, terminei o problema. Agora, se está certo ou não, é outra história... se eu não acertei, eu vou tentar de novo. Se eu não tirar 10, eu já sei que errei esse problema. Aí, vou tentar mexer de outra maneira. Tem problemas que a gente fica tentando, tentando, até dar certo.

VOCÊ QUER FAZER MAIS ALGUMA COLOCAÇÃO EM RELAÇÃO A PROVA?

É que esse 4 já é um velho conhecido meu, sabe, eu não sabia como atacar ele, isso foi um problema que a gente discutiu em outros momentos, como é que atacava um problema como esse... eu até estou pensando assim, em resolver não só o duplo mas outros problemas semelhantes, com mola, com... esses problemas que aparecem na realidade. Gostei... gostei que me incentivou a procurar outras formas de resolução.

PROVA 3.1

E AÍ 5, FOI BEM?

Acho que sim. Me quebrei um pouco aí mas... eu achei fácil a prova, de um modo geral, foi fácil. Se bem que eu estudei bastante, eu estava meio... eu tinha dado uma atrasada nos estudos de mecânica, por uns problemas que eu tive... mas acho que agora consegui tirar o atraso.

FOI BEM ENTÃO?

Acho que sim... só essa última aí que... não sei não, viu... eu chutei uma resposta na 4. eu achei que devia ser aquele caminho, coloquei uns potenciais lá... ah, sim, na primeira eu também fiz um negócio bem... eu peguei ali o trabalho da força de atrito como um potencial... no caso 2. ele ia ter uma redução até parar, então, eu considerei a força de atrito como potencial horizontal... são umas coisas que eu inventei aí para ver se fazia uma...

MAS POR QUE VOCÊ FEZ ISSO?

Ah, porque com atrito, ele ia perder energia horizontal, até parar... é como se fosse um potencial que fizesse ele parar, então, inventei essa solução aí. Não, e o pior é que no final, ficou coerente a coisa... pode até ser dado como errado, mas...

E DE ONDE VOCÊ TIROU ISSO? VOCÊ VIU EM ALGUM LUGAR?

Não, é que geralmente a força de atrito... existe um trabalho associado a ela, que é a força de atrito vezes o deslocamento. Usei isso para achar... não sei, eu olhei assim e... olhei o que eu tinha feito e não achei nenhuma incoerência no que eu tinha feito... até agora, não pensei em nenhuma incoerência no que eu fiz... até, depois, eu conferi no final, achei as equações de Hamilton, batia direitinho... quer dizer, a força que eu encontrei, de fato, foi a força de atrito, o $\frac{\mu}{p}$, então, tudo está batendo.

E O RESTO DOS EXERCÍCIOS AÍ?

O 4 eu fiz, só que... não sei... estava até meio inseguro, porque, com a energia cinética é fácil de conseguir... a energia potencial ali, qual a influência que tem do corpo dois sobre o corpo um... mas mesmo assim, eu fiz. Ainda tive um problema com uma derivada aí... \cos^2 no denominador...

E NO 3, FOI TUDO BEM?

O 3 sim... vou até te confessar uma coisa: eu tinha... eu cheguei ontem, eu comecei a estudar, não tinha mais o que fazer para estudar, eu olhei assim... eu boleei um parecido com o 3 e resolvi ontem... então, eu tinha uma idéia de como é que se fazia. Eu lembrei de uma das provas que tinha esse problema e aí, eu fiz de novo ontem. Eu tentei achar a hamiltoniana. Daí, na hora eu lembrei como é que eu fiz ontem... eu não copieei nada... eu fiz tudo de cabeça.

VOCÊ NÃO CONSULTOU?

Praticamente não consultei. No máximo eu olhei uma coisa ou outra, mas não olhei, assim... não consultei...

MAS, DURANTE SEUS ESTUDOS VOCÊ CONSULTAVA?

Sim, até aprender a fazer... eu tinha dúvida de como aprender a fazer o método... de não saber desenvolver alguma coisa. Então, eu treinei até aprender como é que aplica o método de Hamilton. Gostei, acho que aprendi.

PROVA 3.2

FALA AÍ 5, BELEZA?

Acho que descobri as besteiras que eu fiz. Não dá para fazer quando o sistema não é conservativo. Ah... eu esqueci umas coisas na prova, aqui, da primeira vez... eu estava meio cansado aquele dia... eu estava desistindo de novo hoje, mas aí eu

olhei: peraí, mas eu sei fazer esse troço... aí tentei de novo. Fiz... olhei de novo a última... eu fiz tudo, copieei de novo tudo que estava... as que eu fiz certo. Mas aí, essa aí, a primeira, por que é que isso aí está errado? Tinha uma advertência ali, na correção. O que que é isso? De onde foi que você tirou essa história? Mas realmente não existe aquilo que eu tinha colocado. Aí eu arrumei, eu acho que arrumei bem. Aí, a última questão eu não queria mais fazer. Tava muito complicada, mas eu fui tentando, tentando... aí eu fiz de um outro jeito e descobri que eu tinha esquecido de considerar a parte em y lá... aí deu certo. Acho que deu certo. Aparentemente deu certo.

VOCÊ TIROU QUANTO NESSA PROVA MESMO?

7,5. Foi a pior prova que eu fiz até agora.

MAS COM ESSA OPORTUNIDADE DE REFAZER A PROVA, VOCÊ ACHA QUE CONSEGUIU RECUPERAR SUA MÉDIA?

Eu erreí duas questões nessa prova, então... e uma parte conceitual séria... a questão que a hamiltoniana é para sistemas conservativos... ela é usada para sistemas conservativos... eu estava querendo usar a hamiltoniana para tudo... e não, tem uma situação aí que não... não sei, pode ser que eu tenha feito besteira até em falar isso... mas pelo que eu entendi até agora, eu estava querendo usar para tudo... mas não é bem assim. Eu tenho problemas com essas coisas, de saber quando utilizar... a questão do prazo de validade, eu não me importo muito com isso... é de natureza mesmo, é uma coisa mesmo... eu preciso de um orientador até... ou preciso ser orientado para fazer a coisa certa na hora certa. É a questão da validade da aplicação de um teorema, de um método. Então, para mim é uma coisa que... eu me torno um pouco ingênuo com isso.

Uma coisa que apareceu nessa prova foi isso... uma coisa que eu percebi nela... quando que você pode usar um método, quando você não pode usar? A lagrangiana também tem uma situação que quando tem forças externas é uma coisa, quando não tem é outra. Aqui na hamiltoniana também apareceu isso e eu caí que nem um patinho. Pode até ser que eu tenha caído de novo, mas...

CAIU CONSCIENTE?

É, eu estou desconfiado...

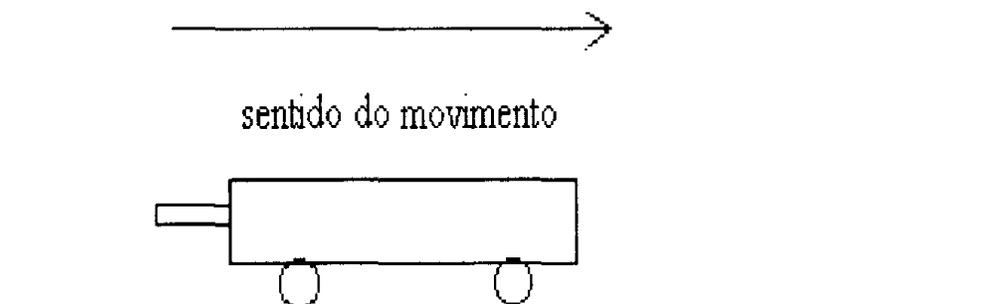
ANEXO F – EXERCÍCIOS CONTIDOS NAS AVALIAÇÕES EM TODOS OS MÓDULOS DO CURSO.

Problema 1

Um carrinho de madeira, de massa m , com rodinhas, se movimenta horizontalmente, conforme mostra a figura abaixo. O carrinho é impulsionado através de um mecanismo qualquer no início do movimento e adquire uma velocidade inicial v_0 . Considere duas situações:

I - Não há atrito. A resultante das forças no eixo- x é nula e o movimento é realizado com velocidade constante e igual a v_0 .

II – Há atrito. A resultante horizontal é igual à força de atrito, cujo sentido é contrário ao movimento, tendo intensidade $F = \mu N$, onde N tem mesmo valor do peso do carrinho, o qual se move nesse caso até o repouso.
 Encontre: a) as equações de movimento; b) a velocidade $v(t)$; c) a posição $x(t)$ para o caso I e o caso II.

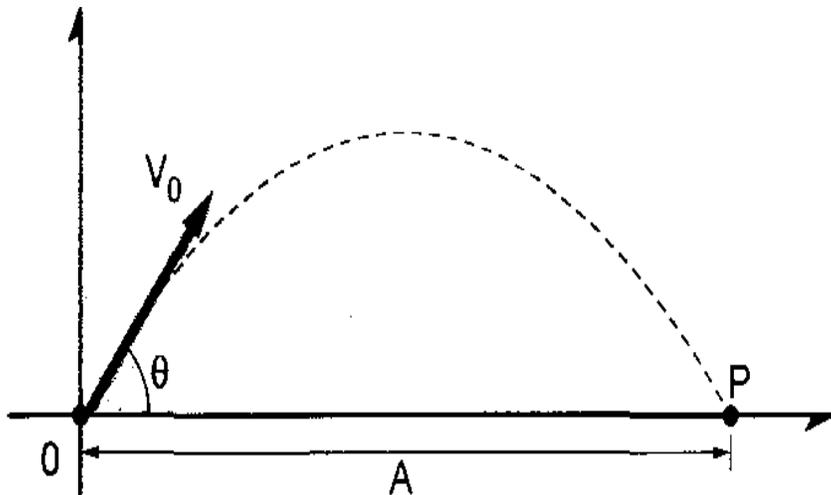


Problema 2.

Em um lançamento horizontal, um objeto é lançado com velocidade v_0 em uma direção inclinada, fazendo um ângulo θ com o eixo-x. Sabemos que o movimento pode ser decomposto em:

I - um MRU (movimento com velocidade constante) na direção x;

II - um MRUV (movimento com aceleração constante, dirigida verticalmente para baixo igual a g) na direção y. Despreze todos os atritos.



Encontre:

a) as equações de movimento, a velocidade $v_x(t)$ e a posição $x(t)$ para o movimento horizontal;

b) as equações de movimento, a velocidade $v_y(t)$ e a posição $y(t)$ para o movimento vertical.

Problema 3

Um sistema massa-mola oscila em um plano inclinado, conforme mostra a figura. Não há atrito. A mola tem constante elástica k e comprimento de repouso l .

Considere o eixo-x paralelo ao plano inclinado. Encontre: a) a lagrangeana do sistema; b) as equações de movimento pelo método de Lagrange.

