



V

**ENCONTRO DE
PESQUISADORES
EM ENSINO
DE FÍSICA**

Atas

de 2 a 6 de setembro de 1996 - Hotel Majestic - Águas de Lindóia-SP

ESTRUTURA DA MECÂNICA: VISÃO DE MUNDO E DE EDUCAÇÃO

Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira¹ e Yassuko Hosoume²

1 - IFUSP/FEUSP - Bolsista CAPES

2 - Instituto de Física da Universidade de São Paulo

1 - Introdução

A Mecânica Clássica talvez seja a teoria da Física mais conhecida pelos professores de Física do 2º grau. Não pretendemos aqui entrar no mérito de quão profundo e/ou coerente é este seu conhecimento. O fato é que qualquer professor sente-se à vontade quando o assunto é cinemática, plano inclinado, força de atrito etc.

Surgem, então, algumas perguntas: será que o conteúdo de Mecânica proposto para o 2º grau é único? Será que o conteúdo de Mecânica não precisa ser repensado? Para que serve esta Mecânica que apresentamos hoje ao aluno? O que o aluno faz com esse conhecimento adquirido nas aulas de Física? Para responder à estas questões é necessário compreender de forma mais profunda o significado de uma teoria física, em particular, no nosso caso, a teoria da Mecânica Clássica.

Os livros sobre este assunto não apresentam grandes diferenças aparentemente, pois abordam sempre os mesmos conteúdos e, quase sempre, na mesma sequência. Qual a consequência de se alterar a sequência dos conteúdos? Será que isto influencia a visão que se tem sobre o assunto? Acreditamos que a teoria da Mecânica Clássica é mais que a soma dos tópicos abordados pelos livros, isto é, não se tem a teoria somando-se à cinemática conceitos de dinâmica, de energia, de trabalho etc.

Uma teoria física tem uma estrutura interna, ou seja, a teoria tem seus conceitos muito bem articulados entre si, tem coerência, tem objetividade. Entretanto a subjetividade coexiste com a objetividade na concepção/interpretação/leitura da teoria. A estrutura de uma teoria tem caráter global e também local porque a partir do momento em que os elementos são organizados, eles não só dão coerência ao todo como também ganham significado dentro deste: a estrutura é auto-contida. Assim, a lei da inércia completa a teoria da Mecânica Clássica e ao mesmo tempo só tem significado dentro dela. O todo engloba as partes, que são seus elementos e suas relações. Seus elementos correspondem aos seus princípios, conceitos e propriedades, enquanto suas relações são dadas pelo formalismo matemático.

Podemos representar a estrutura por um mapa conceitual. Este mapa de conhecimento é uma tentativa de "tocar" a estrutura, de "coisificá-la", torná-la um objeto; o mapa nos permite melhor manipular a teoria. Nele os elementos aparecem unidos por uma linha; são linhas lógicas, representando as relações matemáticas que existem entre as

partes da teoria; não possuem setas indicativas, e a ausência do sentido indica que o caminho a ser percorrido dentro da teoria também não é único, está sujeito ao conhecimento/visão que cada um tem do assunto. A leitura do mapa está ligada ao conhecimento que cada um tem para si sobre o assunto: você sabe (objetivamente) e também sente (subjetivamente); parafraseando M. R. Robilotta: "o verbo é bom para o lado sabe e não para o lado sente". Portanto, como se "caminha" pela teoria é muito subjetivo pois, como já dito, a teoria é mais que a soma de suas partes. Ao desenhar/percorrer o mapa é preciso uma aproximação-distanciada. A aproximação implica um conhecimento mais profundo, portanto local. À medida que se aprofunda o conhecimento, torna-se necessário um distanciamento da teoria, possibilitando a articulação das partes no todo, isto é, o conhecimento "se espacializa", torna-se mais global. Quando temos o conhecimento especializado podemos mapear a teoria, ou seja, representar as suas partes (elementos) articulados no todo.

Podemos perceber a presença constante de um jogo dialético nesta concepção de uma teoria, como também na sua estrutura e no seu mapa. Objetividade-subjetividade, local-global, parte-todo, aproximação-distanciada coexistem: ora alguns aspectos são evidentes, ora outros são relevantes; mas um *nunca* exclui o outro.

Todo este questionamento nos leva a buscar uma forma de apropriação deste conhecimento, que neste trabalho será através da compreensão de uma estrutura conceitual para essa teoria. Partiremos da construção de um mapa conceitual da Mecânica, utilizando como referência o ensino do 3º grau. Com este mapa, tentaremos compreender a Mecânica tradicionalmente ensinada no 2º grau e a Mecânica proposta para o ensino secundário por um dos projetos atuais, identificando a sequência de desenvolvimento dos conteúdos/conceitos.

II - Metodologia

1. A construção de um mapa conceitual da Mecânica

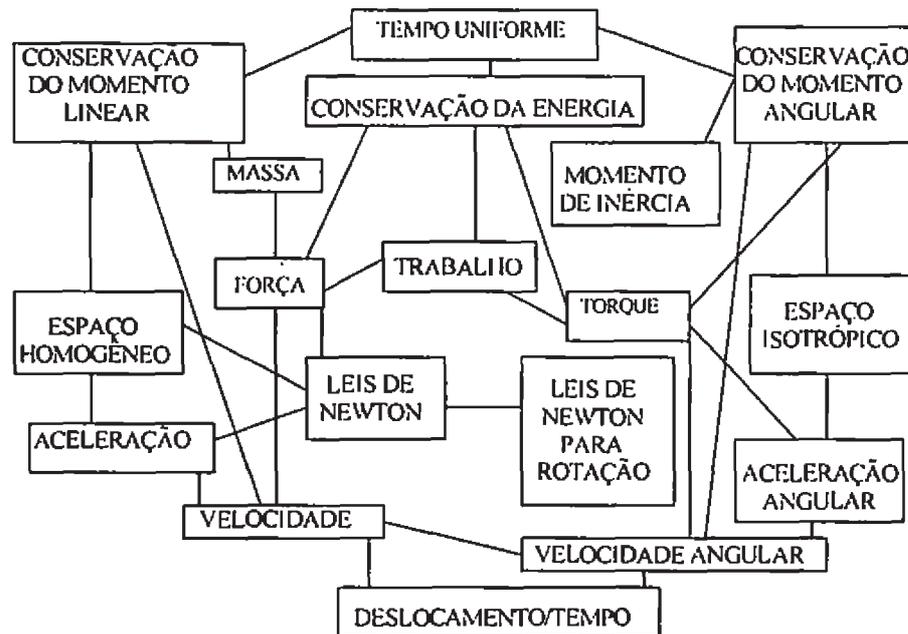
A construção de um mapa conceitual da Mecânica implica numa busca constante de elementos que ajudem a caracterizar da melhor maneira possível uma teoria. Também é importante a posição que cada elemento ocupa no mapa, ou seja, a maneira pela qual a parte se relaciona com o todo dando-lhe e ganhando coerência.

Para a confecção do mapa da Mecânica, utilizamos o conteúdo proposto pelo livro *Curso de Física Básica - 1 - Mecânica*, de H. M. Nussenzveig. Este livro foi escolhido por ser um dos livros indicados para alunos do 3º grau, inclusive àqueles que cursam Licenciatura em Física, portanto, futuros professores.

Neste livro a sequência dos conteúdos é a tradicionalmente conhecida: cinemática, dinâmica, energia. A parte de rotações, torque e

momento angular também é discutida. Elementos de simetria importantes, como a isotropia e a homogeneidade do espaço e a uniformidade do tempo, que caracterizam a Mecânica Clássica, são discutidos e articulados com as leis de conservação do momento linear e angular e com a conservação da energia. Além disto, o autor estabelece um caminho de ida e também de volta entre as leis de conservação e as leis de Newton. Feita a análise, apresentamos um possível mapa conceitual para a Mecânica no Mapa 1.

Neste mapa, buscamos uma simetria na representação dos conteúdos referentes à translação e à rotação. A cinemática está representada na parte mais baixa, e pode-se iniciar o percurso através do deslocamento/tempo. Os elementos que consideramos principais na teoria são espaço homogêneo (invariância nas translações), espaço isotrópico (invariância no giro), tempo uniforme (energia se conserva) e as três leis de conservação. Também colocamos um elemento com o nome de "Leis de Newton" para rotação. Este elemento não aparece apenas para garantir a simetria do mapa, mas também decorre da conservação do momento angular e da energia nas rotações. Além disso, sempre faz-se uma analogia entre a rotação e a translação.



Mapa 1

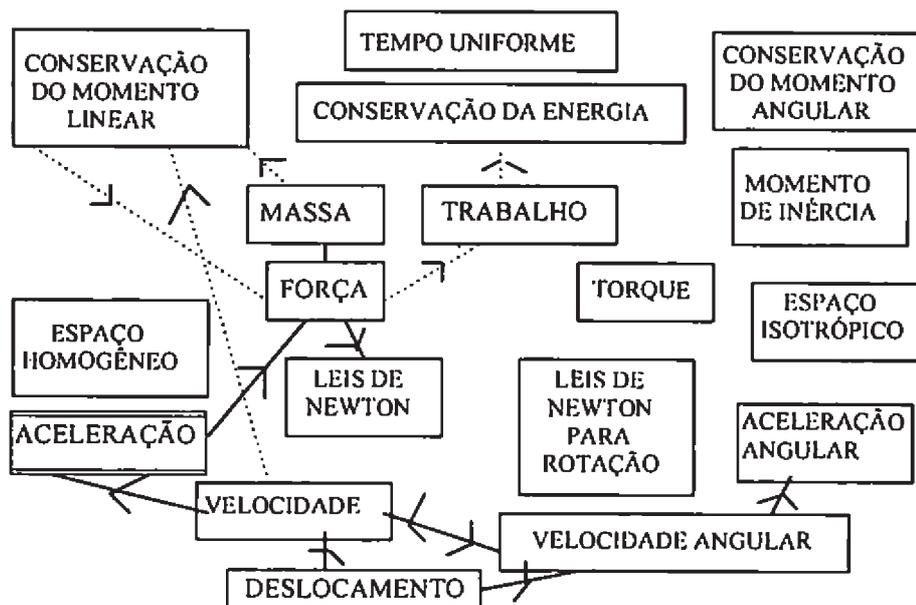
Este mapa não possui indicação da sequência de desenvolvimento, pois nós o tomamos como sendo um mapa para a teoria, cabendo, portanto, a cada um escolher o caminho a ser percorrido. Se estivéssemos

interessados em compreender o ensino proposto pelo autor, então existiria uma caminho traçado.

2. Mapa conceitual de duas propostas de Mecânica para o 2º grau

Com o mapa em mãos, passamos a analisar o livro *Os Fundamentos da Física 1*, de F. Ramalho Junior, N. G. Ferraro e P. A. T. Soares, mais conhecido como *Ramalho*, maneira pela qual nos referiremos a ele. Este livro foi escolhido porque é o mais vendido e utilizado pelos professores e alunos do 2º grau; ele também é um representante do currículo tradicional.

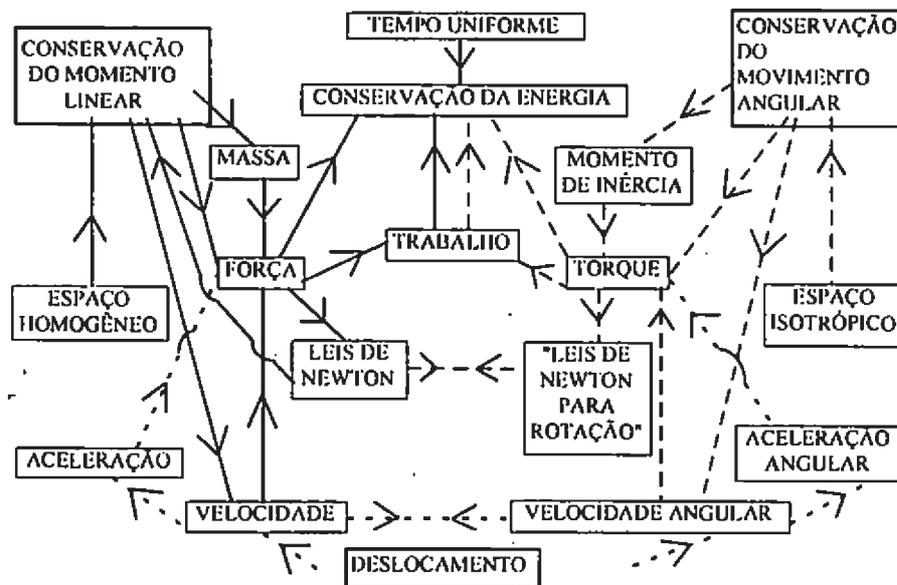
Este livro dedica dez capítulos à cinemática e outros dez capítulos ao restante do conteúdo. A dinâmica aparece com o conceito de força e com as leis de Newton. Em seguida, aparecem os conceitos de trabalho e energia. As leis de conservação da quantidade de movimento e de energia aparecem por último e não se articulam com as leis de Newton, apenas com o conceito de força. O mapa deste livro analisado é apresentado no Mapa 2.



Mapa 2

Agora, as linhas têm setas, indicando o caminho escolhido pelo autor. O autor apresenta três pontos de partida (elementos hachurados), sendo o primeiro o deslocamento/tempo, seguido por massa e aceleração e, por último, força. As linhas, que indicam o caminho a ser percorrido também estão diferenciadas: primeiro são contínuas, depois tracejadas e, por último, pontilhadas.

Escolhemos a proposta do GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, que publicou o livro *Física 1 - Mecânica* em 1990. Escrito para o professor, sua proposta para o ensino da Mecânica parte do cotidiano: não ilustra exercícios com situações do dia-a-dia, mas coloca a Física no cotidiano. Propõe, inicialmente, que se faça um levantamento de "coisas" relacionadas com a palavra mecânica; estas "coisas" passam por um processo de classificação e são trabalhadas ao longo do curso. Não são diferentes apenas a sequência e a maneira de se tratar os conteúdos. O projeto apresenta uma leitura da Mecânica centrada nas leis de conservação, que por sua vez aparecem articuladas com as leis de Newton. Também apresenta um estudos sobre rotações. A cinemática aparece por último. Outro caráter desta proposta é a abordagem experimental que ela apresenta através de atividades. O mapa do GREF é apresentado no Mapa 3.



Mapa 3

Este mapa segue a mesma formatação do mapa 2; os pontos de partida (hachurados) são conservação do momento linear, conservação do momento angular e deslocamento/tempo. As linhas também estão diferenciadas nas três "partes". A transparência sobre o mapa indica a presença constante do cotidiano na sua proposta. A análise de alguns mapas da Mecânica confeccionados pelos proponentes do projeto, contribuiu para o mapa apresentado.

III - Conclusão

A maneira pela qual cada autor "caminha" pela teoria é diferente, o que já era esperado pois a estrutura de conhecimento não é única, ao

III - Conclusão

A maneira pela qual cada autor "caminha" pela teoria é diferente, o que já era esperado pois a estrutura de conhecimento não é única, ao contrário, carrega toda subjetividade do protagonista (autor e/ou professor). Ao escolher um caminho, definimos a posição de cada elemento no mapa, ou seja, a maneira pela qual ele se articula com o todo. Além do caminho escolhido, existem outras diferenças entre as duas visões analisadas.

Os conteúdos abordados também são diferentes. O ensino tradicional, mapa 2, possui poucos elementos da Física, isto é, poucos conceitos são abordados. A cinemática concentra algumas linhas, o que já esperávamos pois 50% do livro Ihe é dedicado, o que implica em, ao menos, um semestre inteiro de trabalho com as equações horárias. A força parece fazer a articulação entre os elementos do mapa, pois várias linhas chegam e partem dela. A conservação do momento linear não estabelece uma relação direta com as leis de Newton, apenas com o conceito força. Não podemos dizer que a rotação faz parte dos conteúdos estudados pois fica restrita ao estudo da velocidade e da aceleração. A leitura do GREF, mapa 3, apresenta a maioria dos elementos da Física abordados por Nussenzveig. As linhas estão melhor distribuídas no mapa 3 e podemos perceber que as leis de conservação estão bem articuladas no mapa. Os elementos da rotação estão presentes e são abordados de maneira semelhante aos da translação.

O ensino tradicional enfoca apenas a dinâmica (de translação), e o faz de maneira fragmentada: o jogo dialético entre as partes e o todo parece não se estabelecer. No nosso ponto de vista, pois os três "pontos de partida" na parte de translação, estabelecem uma série de pré-requisitos para a aprendizagem: aprender deslocamento e intervalo de tempo para chegar ao conceito de velocidade e, posteriormente, ao de aceleração, e assim segue até ao final do curso. Parece que a cada assunto abordado tudo é novidade, isto é, não se estabelece uma relação direta entre os conceitos e, por isso, podemos dizer que é fragmentado: é uma proposta de ensino linear num só sentido, sem a volta que consideramos importante.

Na proposta do GREF a translação aparece bem menos fragmentada: apesar das linhas terem setas, os caminhos percorridos se fecham. Nessa concepção, o ensino não aparece de forma linear nem com pré-requisitos. O ensino proposto pelo GREF, estruturado no mapa, parece estabelecer o jogo entre as partes e o todo. O fato da proposta partir do cotidiano e retornar a ele indica uma visão mais global que local, portanto, menos fragmentada. Por partir do cotidiano, a proposta exige um reelaboração do conteúdo, pois como evitar a rotação da roda da bicicleta que também translada? O GREF faz uma opção pelo conteúdo a ser ensinado e que conteúdos privilegiar.

Yassuko Hosoume...

Esta pesquisa aponta na direção de que o conteúdo a ser ensinado é definido pela visão que se tem da teoria e também da educação. Estas visões se manifestam na maneira de encarar o conteúdo (o que ensinar), nos objetivos deste ensino (para que ensinar) e na sua forma (abordagem).