

## Ensino de física moderna e contemporânea: análise de uma disciplina para ingressantes na educação superior

Marcelo Zanotello

*Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil.*

*marcelo.zanotello@ufabc.edu.br*

Maria Beatriz Fagundes

*Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil.*

*mbeatriz.fagundes@ufabc.edu.br*



Educação: teoria e prática, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1981-8106

Está licenciada sob [Licença Creative Common](#)

### Resumo

As ementas das disciplinas introdutórias de física em cursos de educação superior nas áreas de ciências naturais e tecnologia seguem, essencialmente, a mesma organização de temas presente em coleções tradicionais de livros didáticos. A Física Moderna e Contemporânea (FMC), contemplada em geral no último volume das coleções, normalmente não faz parte do rol de assuntos para estudantes ingressantes. Neste trabalho apresentamos uma reflexão sobre o ensino da FMC no contexto da disciplina Estrutura da Matéria, obrigatória para alunos do primeiro período letivo em uma Universidade Federal no estado de SP. Os dados indicam que estudantes e docentes compartilham a opinião de que a inserção da FMC nesse contexto é interessante e que sua aprendizagem não pressupõe o estudo de toda física clássica e do cálculo avançado, mas requer um novo enfoque quanto ao uso da matemática e abordagem dos conceitos físicos, abrindo novas perspectivas inclusive sobre questões que permeiam o ensino de FMC na educação básica.

**Palavras-chave:** Ensino de ciências. Física moderna e contemporânea. Educação superior.

## The teaching of modern physics: analysis of a proposal for first-year students in a University course

**Abstract**

The contents of introductory physics in University courses in the fields of natural sciences and technology follow essentially the same organization present in collections of traditional textbooks. The modern physics (MP) is generally allocated in the last volume these collections and does not belong to contents intended for first year students. This work presents a reflection on the teaching of MP in context of classes of Structure of Matter, a compulsory course for students of first period in a Brazilian Federal University. The analysis of data indicates that students and teachers share the opinion that learning MP does not require previous study of classical physics and advanced calculus, but requires a new approach concerning on use of mathematical and physical concepts. The considerations about the teaching and learning of MP in university courses and your good reception by first year students allow new possibilities also in questions concerning the teaching of MP in basic education.

**Keywords:** Scientific education. Modern physics. University physics teaching.

**1. Introdução**

As ementas das disciplinas introdutórias de física em cursos de educação superior, tanto nos bacharelados e licenciaturas das áreas de ciências naturais quanto nas engenharias, são constituídas a partir da seleção e estruturação de conteúdos conforme propostos em coleções didáticas tradicionais, dentre as quais se destacam as de Halliday e Resnick (2009), Serway e Jewett (2007), Tipler e Mosca (2009), Young e Freedman (2004), adotadas como bibliografias básicas pela maioria das instituições de ensino brasileiras. Apesar de eventuais diferenças, a organização dos temas segue, essencialmente, o mesmo padrão em todas essas obras. Os tópicos de mecânica clássica, ondas mecânicas, termodinâmica, eletromagnetismo, óptica, ondas eletromagnéticas, física moderna e contemporânea (FMC), são apresentados de forma sequencial, hierárquica, compartimentada e, por vezes, até mesmo desarticulados. A FMC é contemplada apenas no último volume das coleções, utilizado normalmente no final do segundo ano da graduação.

Na designação física moderna e contemporânea são inclusos temas como física quântica; estrutura e propriedades da matéria nos seus diversos níveis; teoria da relatividade especial e física de partículas elementares. Tais temas correspondem a campos do conhecimento desenvolvidos a partir do final do século XIX que, além de promoverem profundas reestruturações teóricas na física, impulsionam o surgimento de novas tecnologias que se propagam para além das fronteiras da ciência e chegam à sociedade como dispositivos utilizados em informática, telecomunicações e medicina.

A organização do conhecimento físico apresentada nos livros didáticos tradicionais, reproduzida nas ementas das disciplinas introdutórias de física nas universidades, sugere a aprendizagem da FMC após o estudo de toda a física clássica e do cálculo diferencial e integral. Salientamos que estudantes dos cursos de bacharelado e licenciatura em física certamente têm contato com os conteúdos de FMC, mas nas engenharias ou em outros cursos de ciências naturais, não necessariamente são trabalhados todos os volumes das coleções didáticas e estes alunos podem não estudar FMC no âmbito de sua educação formal. Perfolli e Rezende (2006, p.64) alertam que “tal fato configura-se como um grande problema principalmente em cursos voltados a áreas tecnológicas, visto que os mesmos podem se encontrar na contramão da vanguarda”.

Ainda que as recomendações em documentos oficiais sinalizem para modificações no ensino de física no âmbito da educação básica (BRASIL, 2002), esta organização dos temas de física nos anos iniciais de formação do ensino superior é reproduzida nas coleções destinadas ao ensino médio (SALÉM, 1986) e os professores tendem a segui-la no desenvolvimento de suas aulas. Seja nos livros adotados em larga escala como os de Ramalho, Ferraro e Soares (2007); Máximo e Alvarenga (2006); Penteado e Torres (2006); ou em materiais apostilados, elaborados por sistemas de ensino particulares, a FMC, quando presente, é alocada no final do último volume das coleções e sua efetiva inserção encontra-se restrita a iniciativas isoladas.

Atualmente, o ensino de FMC se constitui em uma linha de pesquisa na área de ensino de ciências e a inserção da FMC nos diferentes níveis de ensino é objeto de investigações, polêmicas e preocupações entre pesquisadores. Com o presente trabalho, nos inserimos nessa temática, analisando uma disciplina de FMC para alunos ingressantes no ensino superior, que consiste em uma mudança considerável no que se refere a disciplinas introdutórias de física. Nossa investigação é delineada pelas seguintes questões: que elementos justificam a introdução de FMC no primeiro período letivo dos cursos de ciências naturais e engenharias? Quais conteúdos de FMC podem ser contemplados e como os mesmos devem ser estruturados de forma a compor uma disciplina introdutória consistente? Quais os posicionamentos dos estudantes e docentes em relação à FMC como conteúdo introdutório de cursos de graduação? Para subsidiar nossas reflexões, realizamos uma pesquisa qualitativa com

alunos e professores de uma turma na disciplina Estrutura da Matéria, obrigatória no período letivo de ingresso na Universidade Federal do ABC (UFABC), em Santo André-SP.

## **2. As pesquisas sobre o ensino da FMC**

Nas duas últimas décadas tem sido crescente a produção acadêmica na área de ensino de ciências relativa às questões acerca da inserção de FMC em aulas de física. A maioria das pesquisas tem foco na educação básica, com o trabalho de Terrazzan (1994) sendo um dos primeiros a tratar o tema. As revisões da literatura realizadas por Ostermann e Moreira (2000) e por Pereira e Ostermann (2009) mostram uma ampla gama de estudos relacionados ao assunto, evidenciando sua complexidade e atualidade. Tais revisões revelam uma ênfase em recomendações de bibliografias e propostas para abordagem de tópicos ou unidades de ensino específicas sobre FMC, apontando a necessidade de mais investigações sobre os processos de inclusão desses conhecimentos em sala de aula. As pesquisas que têm por objeto o ensino superior são mais escassas (LOBATO, 2005) e, em geral, enfatizam concepções de licenciandos em física sobre a FMC em disciplinas de formação de professores e situações de estágio supervisionado (REZENDE JR. e CRUZ, 2009).

As justificativas para a introdução da FMC nos diferentes níveis de ensino são diversas. Stannard (1990) afirma que a FMC influencia positivamente o interesse de estudantes pela física, enfatizando seu aspecto motivacional. Aubrecht (1986) coloca que a compreensão dos princípios físicos envolvidos no funcionamento de dispositivos e equipamentos presentes no cotidiano pode estimular o interesse do aluno pela ciência. De acordo com Gil Pérez e Solbes (1993), o ensino de FMC a partir de uma perspectiva histórica evidencia os limites da física clássica e a necessidade de uma nova física para explicar os problemas emergentes no final do século XIX, possibilitando uma melhor compreensão tanto da física clássica como da física moderna. Partindo de pressupostos epistemológicos, Pinto e Zanetic (1999) defendem que analisar o processo de desenvolvimento do conhecimento científico, situando a ciência em um contexto histórico, social e cultural amplo, contribui para a formação de uma visão mais coerente da natureza do trabalho científico. Admitindo que o conhecimento científico seja uma forma de produção cultural, Torre (1998) destaca que a FMC

conecta o estudante com sua história e propicia o entendimento dos artefatos tecnológicos de sua época, podendo ensinar beleza e prazer pelo conhecimento, enquanto Taylor e Zafiratos (1991) argumentam que os conhecimentos da FMC são elementos do arcabouço cultural da humanidade e devem fazer parte da formação dos estudantes, ainda que não pretendam atuar em carreiras científicas. Shabajee e Postlethwaite (2000) alertam que a omissão da FMC nos currículos da educação básica pode dificultar sua aprendizagem subsequente.

Apesar das recomendações em documentos oficiais, como os parâmetros curriculares nacionais (BRASIL, 2002), e em pesquisas na área de ensino de ciências para a inclusão da FMC nos programas de física a partir do ensino médio, alguns fatores são apontados como obstáculos para sua realização: o extenso conteúdo programático e a pequena carga horária destinada às aulas de física, cenário, este, agravado pelo fato de que há uma tendência do professor planejar suas aulas em função da sequência de conteúdos proposta nos livros didáticos; o mal-estar de certos professores diante da necessidade de ensinarem FMC sem se sentirem devidamente preparados; a suposta falta de maturidade cognitiva dos estudantes para a compreensão do assunto; e a concepção de que são necessários pré-requisitos específicos para a aprendizagem da FMC. Diante disso, Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009) advertem que a efetiva introdução da FMC no nível médio pressupõe novas perspectivas para a formação dos professores.

Considerando que o perfil do aluno ingressante, no que diz respeito aos conhecimentos de física básica e matemática, é semelhante ao do estudante no final do nível médio, é possível tratar as questões sobre a inserção da FMC no início da educação superior a partir de alguns referenciais estabelecidos para o ensino médio.

### **3. A caracterização da disciplina Estrutura da Matéria**

A UFABC adota o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) como única forma de seleção de candidatos, oferecendo duas opções de cursos de ingresso à graduação: bacharelado em ciências e tecnologia (BCT) e bacharelado em ciências e humanidades (BCH). No caso dos cursos pós BCT, são oferecidas oito modalidades de engenharia, bacharelados e licenciaturas em física, química, matemática e biologia e os bacharelados em ciência da computação e neurociências. Independente do curso

posterior pretendido, todos os alunos ingressantes no BCT são matriculados na disciplina Estrutura da Matéria (EM), com 3 horas semanais de aulas teóricas e duração de 12 semanas. A presença da FMC no primeiro período letivo constitui um diferencial em relação aos cursos tradicionais (UFABC, 2006). Em 2011, o primeiro autor do presente trabalho foi professor regular de uma turma matutina de EM, com 88 alunos matriculados. O conteúdo programático desenvolvido para essa turma é apresentado no quadro 1:

**Quadro 1 - Conteúdo programático da disciplina EM**

I. A hipótese atômica	Origens da Filosofia Natural; origens filosóficas do atomismo; o atomismo na Química - leis de Lavoisier, Proust e Gay-Lussac, teoria atômica de Dalton, princípio de Avogadro; estequiometria; o atomismo na Física - aspectos conceituais da teoria cinética dos gases e do movimento browniano.
II. O elétron	Eletroquímica e as leis de Faraday; o tubo de raios catódicos e o experimento de Thomson para determinação da razão carga-massa do elétron; o experimento de Millikan e a determinação da carga elementar.
III. Ondas	Conceitos fundamentais e classificação; ondas senoidais; interferência; ondas estacionárias e ressonâncias; difração por fenda dupla.
IV. Radiações e espectroscopia	Raios X, radioatividade, meia vida e a lei do decaimento radioativo; radiação térmica, espectro de emissão de corpo negro, leis de Stefan-Boltzmann e de Wien, modelos de Wien e Rayleigh-Jeans; o espectro de emissão do hidrogênio, fórmulas de Balmer e Rydberg-Ritz
V. Modelos atômicos	Modelos clássicos de Thomson e Rutherford; a estrutura do núcleo; modelo quântico de Bohr; os experimentos de Frank e Hertz.
VI. Dualidade partícula-onda	A teoria de Planck para a radiação térmica de corpo negro; efeito fotoelétrico; efeito Compton; natureza da radiação eletromagnética; o postulado de De Broglie e o comportamento ondulatório das partículas.
VII. Introdução à mecânica quântica	O princípio da incerteza; a partícula numa caixa; a equação de Schrödinger e os números quânticos; momento angular orbital e o spin do elétron.
VIII. Átomos multieletrônicos e a tabela periódica	O princípio de exclusão de Pauli e distribuição eletrônica em átomos multieletrônicos; a tabela periódica e a periodicidade das propriedades dos átomos: raio atômico, energia de ionização e afinidade eletrônica.
IX. Ligações químicas	Ligação iônica; ligação covalente - estruturas de Lewis, ressonâncias, cargas formais, radicais e hipervalência; ligações iônicas e covalentes - eletronegatividade, ligações polares e força de ligação; forma e estrutura das moléculas - modelo VSEPR, teoria da ligação de valência - ligações sigma e pi, hibridação de orbitais.

No decorrer da disciplina foram disponibilizadas nove notas de aula, uma para cada tema destacado no quadro 1. As notas de aula foram elaboradas a partir da consulta a obras de referência, tais como Lopes (2005), Caruso e Oguri (2006), Gaspar (2002), Eisberg e Lerner (1983), Atkins e Jones (2006), Tipler e Mosca (2009), Serway e Jewett (2007), Halliday e Resnick (2009). Ao final de cada texto foram propostas

questões dissertativas conceituais, exercícios de aplicações e problemas que envolvem relações entre grandezas a partir da análise de situações experimentais e modelos teóricos. O objetivo geral da disciplina é fornecer uma visão do desenvolvimento das teorias e modelos sobre a estrutura da matéria, associados aos resultados experimentais que os suportam, seguindo uma perspectiva histórica e utilizando um formalismo matemático equivalente ao supostamente estudado pelo aluno no ensino médio. Alguns conceitos de física e química que fazem parte do programa do ensino médio foram, ainda que brevemente, revisados quando relacionados a um tema a ser trabalhado.

#### 4. Coleta de dados

Os dados que subsidiam a análise foram obtidos por questionários aplicados aos estudantes da turma e a docentes envolvidos na disciplina. A aplicação do primeiro questionário aos estudantes teve como objetivo conhecer suas expectativas e dificuldades em relação à disciplina, com as questões mostradas no quadro 2.

**Quadro 2** - Primeiro questionário (alunos)

Há quanto tempo cursou o ensino médio? É egresso de escola pública ou particular?
Qual curso pós BCT você pretende fazer na UFABC?
Antes da disciplina estrutura da matéria, já havia estudado algo sobre física moderna e contemporânea?
Quais suas expectativas e maiores dificuldades na disciplina?

No final do período letivo, um segundo questionário, reproduzido no quadro 3, foi aplicado aos alunos. Ambos os questionários foram respondidos pelos estudantes, individualmente, em sala de aula.

**Quadro 3** - Segundo questionário (alunos)

O que você achou de tomar contato com os temas de física moderna e contemporânea tratados na disciplina logo em seu primeiro quadrimestre na Universidade?
Que temas você gostou de estudar ou achou interessantes?
Coloque outros comentários sobre a disciplina que você desejar fazer

O questionário aplicado aos docentes, apresentado no quadro 4, teve por objetivo conhecer seus posicionamentos acerca de pontos que consideramos importantes para a compreensão do contexto em que a disciplina foi ministrada.

**Quadro 4 - Questionário aos docentes**

Qual sua área de formação na graduação?
Quais estratégias de ensino você utiliza em suas aulas?
Com relação à ementa da disciplina, você proporia algum ajuste? Em caso afirmativo, que tópicos acrescentaria ou retiraria? Por quais razões?
Como você analisa a questão dos alunos cursarem estrutura da matéria sem terem feito as disciplinas de cálculo, física e química básicas? Em seu ponto de vista, a ausência desses pré-requisitos se constitui em um problema?
Você manteria essa disciplina na matriz para alunos ingressantes, logo no primeiro período letivo deles?

## 5. Perfil dos estudantes

Embora não pretendamos realizar um estudo quantitativo, alguns dados são interessantes para ilustrar o perfil dos estudantes da turma. O primeiro questionário foi respondido por 80 alunos. Destes, 35 cursaram o ensino médio em escolas públicas e 45 em particulares; 47 alunos o concluíram em 2010, 15 deles em 2009 e 18 em anos anteriores. Apenas 1 afirmou que deseja somente concluir o BCT; 30 têm interesse em fazer, além do BCT, mais dois cursos de formação específica, todos eles citando ao menos uma engenharia. Dos demais alunos, cerca de 50% desejam cursar alguma engenharia, 40% algum bacharelado e menos de 10% alguma licenciatura. Todos os cursos oferecidos foram citados ao menos uma vez, revelando o alto grau de heterogeneidade de interesses destes alunos.

Acerca do contato com FMC antes do ingresso na Universidade, 48 alunos disseram que não estudaram nada a respeito na escola. Destes, somente 3 disseram ter lido algo sobre o tema por iniciativa própria ou assistido a documentários. Dos 32 alunos que tiveram contato com FMC na escola, todos afirmaram que o professor comentava, esporadicamente, apenas como curiosidade. Tais afirmações atestam que a inserção efetiva da FMC no ensino médio, no âmbito das escolas das quais estes alunos são egressos, ou inexistente ou se dá através de iniciativas isoladas, carecendo de um adequado planejamento didático.



## 6. Análise de dados

Na metodologia de análise, adotamos os pressupostos da pesquisa qualitativa caracterizada por Bogdan e Biklen (1994, p. 49). Nas transcrições das respostas buscamos explorar a variedade de colocações, mantendo a grafia original das mesmas, selecionando e organizando trechos conforme as seguintes dimensões.

### 6.1 Expectativas dos estudantes

Em muitas respostas, nota-se que os alunos esperavam o estudo de novos assuntos e o aprofundamento de temas vistos no ensino médio.

Estudar conceitos modernos em relação ao ensino médio.

Entender de forma mais aprofundada as partículas que formam a matéria.

Entretanto, alguns esperavam que a disciplina tivesse meramente um caráter de revisão.

Esperava que fosse uma revisão do ensino médio, que seria mais básico.

Identificamos uma classe de respostas que sugere a expectativa de que a disciplina tenha um caráter propedêutico, servindo de preparação para disciplinas posteriores.

Que sirva de base para estudar Química, que é meu curso pretendido.

Outros estudantes esperavam que a disciplina apresentasse os temas a partir de uma perspectiva histórica da ciência, enfatizando as evidências experimentais que validam os conceitos e teorias aceitos atualmente.

Estudar a evolução dos conceitos sobre estrutura da matéria na perspectiva histórica.

Achei que trataria mais de história e filosofia da ciência, mas vi que se tratava dessa história aplicada à prática. Pude compreender melhor conceitos velados no ensino médio.

Que a matéria abordasse os conceitos experimentais, como vem ocorrendo.

A colocação seguinte revela uma expectativa diferenciada, provavelmente, explicitando um desejo que ultrapassa o contexto da própria disciplina de:

Entender melhor as coisas e não só decorar fórmulas para resolver problema.

Podemos interpretar tal resposta como uma tentativa de mudança na própria postura do aluno, vislumbrando sua formação profissional, mas, também, como uma

crítica à prática, comum em aulas de ciências, que foca a memorização e aplicação de fórmulas para resolução de exercícios.

No próximo relato, o aluno mostra uma identificação pessoal, um gosto pela disciplina baseado na compreensão que começa a construir. É um indício de que o interesse por determinado assunto está, de algum modo, associado aos sentidos que se conseguem produzir e que conduzem a um melhor entendimento.

Achei que a matéria seria um problema, mas estou aprendendo mais e as coisas começam a fazer sentido. Está sendo a matéria com que mais me identifico.

Os aspectos destacados indicam que as expectativas dos estudantes não são somente em relação a conteúdos específicos, mas incluem a qualidade do processo de ensino-aprendizagem e as metodologias envolvidas. Nosso interesse em conhecer as expectativas dos estudantes ingressantes encontra respaldo em resultados de estudos atuais que atribuem a elas um papel fundamental no processo de integração do aluno ao ensino superior, defendendo que as instituições devem proporcionar aos seus alunos "condições adequadas para que experimentem satisfatório conforto acadêmico", um importante indicador da qualidade institucional, essencial para o sucesso do processo de ensino e aprendizagem (IGUE e MILANESI, 2008).

## 6.2 Dificuldades dos estudantes

Acerca das dificuldades dos estudantes, identificamos referências a deficiências particulares, oriundas do ensino médio:

Na escola que vim, só foram vistos alguns conceitos básicos de física; muitos conceitos importantes não foram dados e isso dificulta o aprendizado agora.

Acho que a parte de ondas foi muito importante para compreender a dualidade partícula-onda do fóton, mas não gostei de estudar porque no meu colégio o tema foi trabalhado superficialmente e parece que quando não sabemos algo aquilo se torna desinteressante.

Notamos que a não compreensão de conceitos tidos como pré-requisitos está, em certa medida, associada com o desinteresse pela aprendizagem dos novos conteúdos. A linguagem matemática, mesmo quando referente à manipulação algébrica de equações e realização de cálculos supostamente já estudados no ensino médio, também é apontada como um fator gerador de dificuldades:

Para mim que não estudei em cursinho, muito menos na escola, tenho muita dificuldade em física e álgebra que para esta matéria é base.

Na identificação do significado de cada “letra” nas fórmulas.  
Demonstração e dedução das fórmulas.

Aplicação dos conceitos na hora de fazer exercícios.

As lacunas deixadas pelo ensino médio são reveladas, explicitamente, no trecho seguinte, que expõe um problema grave que aflige a rede pública, mesmo em um grande centro como a região metropolitana de São Paulo:

No ensino médio praticamente não tive aula de física e química. A maioria das aulas eram vagas e quando tinha algum professor era eventual.

As dificuldades vivenciadas na transição para o ensino superior, marcadas pela exigência de um ritmo de estudo intenso e do desenvolvimento de uma postura mais autônoma, são identificadas nas respostas de alguns alunos:

Grande volume de informação dada e adaptação à universidade; apesar disso estou adorando o curso.

Acho a disciplina muito complicada para quem está começando agora a faculdade, porque as escolas preparam mais para o vestibular com matérias decorativas do que fazem realmente o aluno entender a matéria.

Preciso aprender a estudar; achei que ia me dar bem com a matéria, mas tive dificuldades com o tipo de aula e a falta de exercícios em sala. Ainda não me acostumei com o estilo universitário.

A aprendizagem de muitos conceitos novos, supostamente mais abstratos do que os da física clássica, requer o engajamento em um exercício imaginativo não trivial. Provavelmente, por esse motivo, alguns estudantes explicitam a necessidade do desenvolvimento de abstrações como uma dificuldade a ser vencida, sugerindo que isto poderia ser facilitado relacionando-se conceitos com suas aplicações no cotidiano.

Muito abstrato, não vejo aplicação.

Gosto das aulas, mas o conteúdo é difícil, é passado mais rapidamente que no ensino médio e tem muitas fórmulas. Acharia bom relacionar mais com o cotidiano, pois o que gosto na ciência é a relação da teoria com a prática.

Ainda existe uma distância entre o aspecto conceitual e a compreensão das tecnologias do dia-a-dia.

Entretanto, cabe a ressalva de que a aprendizagem da FMC a partir de suas aplicações tecnológicas não ocorre de forma direta, como parecem sugerir algumas recomendações encontradas em textos oficiais, em trabalhos de alguns pesquisadores e nas respostas de alguns estudantes.

Outro aspecto de destaque é o fato de os estudantes terem apontado como dificuldade a presença, em uma mesma disciplina, de assuntos que, em geral, são compartimentados em diferentes disciplinas.

Mistura física e química, envolvendo mais de uma matéria.

Evidencia-se, como já mencionamos, que a organização do conhecimento constante nos livros didáticos não só fornece uma imagem de ciência extremamente racional e objetiva como também faz com que o estudante, mesmo após passar por várias disciplinas, nem sempre adquira consciência sobre o modo como os tópicos se relacionam e sobre o que lhes conferem integração (SALÉM, 1986, p. 18).

Ainda que experimentos sobre FMC como os analisados teoricamente nas aulas demandem aparatos sofisticados e condições bastante específicas para realização, não necessariamente facilitando o entendimento dos fenômenos devido à necessidade de uma cuidadosa análise interpretativa de resultados, alguns alunos acreditam que a ausência de aulas de laboratório é um fator que dificulta a aprendizagem.

Não há realização de experimentos de laboratório para complementar as aulas teóricas.

### *6.3 Sobre o contato com a FMC*

Nas respostas ao questionário final, observa-se que a maioria dos alunos diz ter gostado da disciplina, ressaltando que, apesar de desafiante, a aprendizagem da FMC foi estimulante.

Muito bom! Queria começar bem e não somente revisando a matéria do ensino médio.

Certamente foi complicado, já que não tive contato algum com uma matéria que dificilmente é bem explicada nas escolas, pelo menos nas públicas. Entretanto, mantendo um ritmo de estudo contínuo, não deixando para última hora, dá sim para acompanhar a matéria e tirar um bom proveito da mesma.

Foi um desafio, porque nas outras universidades os estudantes estudam os temas de física contemporânea a partir do terceiro ano e apesar do grau de dificuldade, gostei muito dos temas, porque nos ajuda a entender muita coisa a nível atômico e de onde surgiu o conhecimento aprendido no ensino médio, como o diagrama de Linus Pauling.

Tratar de temas de física contemporânea no início da graduação permite ao aluno entrar em contato com a ciência do seu próprio século, o que proporciona maior percepção da importância e relevância dos temas abordados.

O equilíbrio entre o desafio e a satisfação experimentados na aprendizagem de conteúdos novos parece ser um dos fatores que motivam os estudantes, conforme sugere Ruiz (2003).

Outro aspecto, que destacamos como positivo, é o aparente abalo na concepção de alguns alunos de que a ciência é constituída por verdades imutáveis e modelos científicos tomados como realidade absoluta. Essa concepção, muitas vezes disseminada pelos professores de física, ainda que inconscientemente, parece ter sido desestruturada quando o estudante afirma que:

Foi um pouco chocante, pois quase tudo parecia estar “errado”, mas abriu muito a minha mente.

Entendemos que o termo “errado” deva se referir à dinâmica da evolução do conhecimento discutida nas aulas, na medida em que as teorias e modelos eram retificados com novas interpretações, em muitas ocasiões motivadas por resultados experimentais que não podiam ser compreendidos com o arcabouço teórico anterior.

Em geral, as respostas indicam que a disciplina foi bem aceita pelos estudantes. Entretanto, observamos alguns posicionamentos discordantes referentes, principalmente, à falta de conteúdos entendidos como pré-requisitos.

O curso é totalmente descabido para alunos ingressantes; é impossível um curso de estrutura da matéria sem que o estudante tenha conhecimentos prévios de cálculo, equações diferenciais e física clássica.

Acerca dos tópicos que os alunos mais gostaram ou acharam mais interessantes, todos os temas foram citados ao menos uma vez, havendo maior incidência nos modelos atômicos e dualidade partícula-onda:

Achei física quântica muito interessante, embora difícil de entender no começo.

Gostei muito do início do curso quando aprendemos sobre a teoria atômica e sobre o elétron. Mas o mais interessante foi estudar os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr, e como o modelo deste último solucionou os problemas dos antigos.

Achei muito interessante a parte final do curso relacionada à química, quando estudamos a tabela periódica e as ligações químicas.

Dualidade partícula-onda e a introdução a mecânica quântica, principalmente pela falta de contato com estes temas no ensino médio.

Um ponto forte deste curso foi a transmissão dos conhecimentos científicos segundo o contexto histórico com suas controvérsias e dramas humanas. A

ciência contextualizada aproxima as pessoas e cativa, pois diminui a distância entre o cientista e o leigo.

#### 6.4 Posicionamentos de docentes

Dos quatro professores que se dispuseram a responder o questionário do quadro 4, três são graduados em física e um em química. Suas aulas foram basicamente expositivas, utilizando lousa e projeção de *slides*. Esta é uma característica comum nas aulas de física no ensino superior, havendo, geralmente, pouco espaço para uma mediação dialógica, ainda mais quando as turmas apresentam um número elevado de alunos. Conforme seus relatos, os docentes procuraram desenvolver algumas atividades visando estimular a interação com os estudantes, como a resolução de exercícios em conjunto e um estudo dirigido. Indicamos os registros dos professores por P1, P2, P3 e P4.

Ao final dos temas, estimulava a participação do aluno com a resolução em conjunto de problemas (P1).

Fiz um estudo dirigido com conteúdos que ainda não tinha abordado em sala (P2).

Para P3, a participação dos estudantes é corresponsabilidade de alunos e docentes, uma vez que estes devem buscar maneiras de aguçar a curiosidade dos aprendizes.

Foram feitas aulas de exercícios antes das provas. Praticamente a aula é um monólogo, pois falta questionamento por parte dos alunos, não diria por falta de interesse, mas falta de curiosidade científica, que deve ser aguçada por nós (P3).

Mesmo que “não em todas as aulas”, P4 busca incorporar à sua prática o levantamento das concepções prévias dos estudantes, uma recomendação consolidada por pesquisas na área de ensino que possibilita maior interação professor-aluno e pode fornecer subsídios para o trabalho docente.

Em algumas aulas procurava aproveitar o conhecimento prévio dos alunos e organizar o assunto a partir deste conhecimento. Para ser mais específico, na primeira aula perguntei quais partículas eram conhecidas por eles e quais forças eram conhecidas. A partir das respostas classificamos as partículas e também as forças. Em aula de ligações químicas também foi usada estratégia semelhante. Acredito que o contato com o conhecimento prévio do aluno é essencial, gostaria de desenvolver mais este tipo de interação (claro que não em todas as aulas) (P4).

Com relação a possíveis ajustes na ementa, os professores detiveram seus comentários mais na forma de abordagem dos conteúdos, ou seja, nos aspectos

metodológicos, do que na inserção ou exclusão de tópicos na ementa. Há um consenso entre os entrevistados de que a ementa é adequada, com um deles opinando que a carga horária poderia ser acrescida para 4 horas semanais.

Não proporia mudanças na ementa, mas acrescentaria uma hora na carga horária semanal (P2).

Acho que são necessários alguns ajustes, principalmente na forma de abordagem do conteúdo, que não deve ser tão aprofundado, mas também não deve ser superficial. Deve ser uma matéria que motive o aluno, onde os temas devem ser abordados de forma bastante conceitual, dando noção de valor das grandezas (P3).

O docente P1 preferiria não enfatizar aspectos históricos, concentrando-se em destacar os conceitos a partir de resultados experimentais e subdividindo mais claramente os enfoques de física e química.

O ajuste que proporia é sintetizar a parte histórica e destacar com mais ênfase nos experimentos os conceitos. Dividiria o curso em dois, uma parte com enfoque em física onde iríamos do mundo macro ao micro e na outra parte com enfoque em química faríamos o caminho contrário. Dessa forma, creio tornar o curso mais desafiador para quem já tenha o conhecimento dos temas e contribuiria de maneira pragmática para a formação dos que nunca ouviram falar sobre o assunto (P1).

Pela sua resposta, P4 considera recomendável que o professor possa, eventualmente, aprofundar mais determinados assuntos do que outros. Em uma disciplina ministrada por professores com áreas de formação distintas, espera-se naturalmente que, apesar de cumprirem a mesma ementa, existam enfoques relativamente distintos para alguns tópicos.

Acredito que a ementa está boa. Eu não acrescentaria tópico algum, acho que uma ementa não deve ser o plano de aula, mas sim algo mais geral. Deve dar certa liberdade ao professor de aprofundar este ou aquele assunto (P4).

A respeito dos alunos cursarem EM antes das disciplinas de cálculo, física e química básicas, todos afirmaram que isto não se constitui um problema, enfatizando caber ao docente adequar a abordagem dos temas ao estágio inicial de formação em que os alunos se encontram. Isto se configura em um desafio pedagógico para os docentes, que têm de buscar novos enfoques para os assuntos.

Os professores consideram que os temas tratados possuem potencial para estimular o interesse dos ingressantes pelas ciências básicas e podem fornecer os requisitos supostamente necessários para futuras disciplinas. Contudo, a falta de

conteúdos que, em tese, deveriam ser trabalhados no ensino médio, bem como as dificuldades dos alunos em lidar com a linguagem matemática, são identificadas como obstáculos.

A oferta da disciplina no ingresso dos estudantes é apropriada, pois permite a adaptação do estudante no meio universitário em um tema novo e interessante, ao mesmo tempo prepara os alunos para disciplinas avançadas de física e química (P1).

Haverá problemas se o professor não tiver uma noção clara do que quer passar ao aluno. Acho que da forma como está estruturada não haverá maiores problemas, essa disciplina tem que ser baseada em conceitos sobre Física Moderna (P3).

Constituiria um problema se fosse esperado do aluno resolver problemas que exigissem cálculo, noções de álgebra linear, e etc... A meu ver esta disciplina deve introduzir o aluno no questionamento das ciências naturais (química e física). As ferramentas matemáticas devem ser mencionadas. Na verdade, não é a ausência de conceitos de cálculo ou de física (como momento angular, trabalho etc...) que se constitui um problema mas a dificuldade dos alunos em relacionar conceitos na exploração da natureza com a formalização matemática. Falta aos alunos conseguir traduzir pensamentos em equações e isto não necessariamente envolve uma matemática que eles não dominem. Entender que uma reta representa grandezas diretamente proporcionais, por exemplo, não é trivial para eles (P4).

Neste relato, P4 destaca a dificuldade dos alunos na interpretação da linguagem matemática, mesmo que não se refira a conteúdos avançados como cálculo diferencial e integral. Tal dificuldade foi mencionada, também, por alunos em seus relatos. Com relação a manter a disciplina na matriz curricular para os ingressantes, os professores entrevistados foram unânimes em afirmar que sim, manteriam, mesmo não tendo participado diretamente dessa proposição no âmbito da elaboração do projeto pedagógico da instituição.

## 7. Considerações finais

A oferta da disciplina Estrutura da Matéria para alunos ingressantes na UFABC é um diferencial em comparação com outros cursos nas carreiras científicas e tecnológicas, cujas disciplinas introdutórias de física seguem a ordem de temas apresentada nos livros didáticos tradicionais. Ainda que respaldada em convicções de seus idealizadores acerca das características que a educação científica deve assumir, achamos pertinente investigar os posicionamentos de estudantes e docentes diante da efetiva realização dessa proposta. Mudanças curriculares significativas devem, em



nossa opinião, ser submetidas à análise dos principais protagonistas dos processos de ensino-aprendizagem em condições de sala de aula e suas colocações consideradas para uma avaliação crítica dos novos componentes do currículo. A inclusão da FMC conforme essa proposta é um tema polêmico, senão devido às suas justificativas de inserção por documentos oficiais e pesquisadores, algumas das quais identificadas nos discursos de estudantes e docentes em nossa pesquisa, mas, certamente, sobre questões metodológicas e práticas associadas. Assim, procuramos contribuir com reflexões para apontar um caminho possível para a efetiva realização de uma diferente abordagem para o ensino introdutório da física nos cursos superiores.

Ao final do período letivo, dos 88 alunos da turma analisada, 24 foram reprovados, correspondendo a um índice de aproximadamente 27,3%. Tal índice não é maior do que o verificado em disciplinas introdutórias tradicionais de física que tratam da mecânica clássica e seguem mais estritamente a ordem de apresentação dos temas conforme os manuais didáticos. Isto nos faz considerar que o fato do aluno não ter estudado toda a física clássica e o cálculo diferencial e integral não inviabiliza o aprendizado da FMC, apesar de requerer um novo enfoque por parte do professor quanto ao uso da matemática e abordagem dos conceitos. Não obstante, a retomada de conceitos físicos e matemáticos que, a princípio, deveriam ser estudados no ensino médio, pode conferir-lhes novos significados. A organização programática mostrada no quadro 1 revelou-se adequada para o desenvolvimento da disciplina conforme seus objetivos. Buscou-se articular os conteúdos de forma coerente, observando, sempre que possível, a sequência histórica de seus desenvolvimentos. Consideramos tratar-se de uma organização viável dos temas para abordagem da FMC através da disciplina Estrutura da Matéria, para alunos no primeiro período letivo.

Uma reestruturação dos temas nas disciplinas introdutórias de física dos cursos superiores nas áreas científicas e tecnológicas pode encontrar ressonância entre docentes e alunos envolvidos, uma vez que, no âmbito desta pesquisa, identificamos a presença de elementos em seus posicionamentos que sugerem boa receptividade à proposta. Além disso, o contato com a FMC em um novo contexto por alunos ingressantes pode trazer novas perspectivas para o ensino de física na educação básica, na medida em que se consolidar uma mudança de enfoque para as disciplinas iniciais de física no ensino superior. Pois, apesar das recomendações nos documentos oficiais

para uma diferente orientação no ensino da física, os materiais didáticos destinados ao ensino médio e a postura dos professores que lá atuam, ainda tendem a refletir a organização de conteúdos segundo as disciplinas introdutórias da física na educação superior.

### Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- AUBRECHT, G. J. Report on the conference on the teaching of modern physics. **The Physics Teacher**, Boone, v. 24, n. 9, p. 540-546, 1986.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto, 1994.
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- EISBERG, R. M.; LERNER, L. S. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983. 4 volumes.
- GIL PEREZ, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.
- GASPAR, A. **Física**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2002. 3 volumes.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4 volumes.
- IGUE, E. A; BARIANI, I.C.D; MILANESI, P. V. B. Vivência acadêmica e expectativas de universitários ingressantes e concluintes. In: Psico-USF, Itatiba, v. 13, n. 2, p. 155-164, jul./dez. 2008.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 119-132, mai. 2005.

LOPES, J. L. **A estrutura quântica da matéria**: do átomo pré-socrático às partículas elementares. 3. ed. Rio de Janeiro: editora UFRJ, 2005.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2006. 3 volumes.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução de física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v.15, n.3, p. 557-580, 2009.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. **Física, Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Moderna, 2006. 3 volumes.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.14, n.3, pp. 393-420, dez. 2009.

PERFOLL, A P.; REZENDE JR., M. F. A Física Moderna e Contemporânea e o Ensino de Engenharia: Contexto e Perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - COBENGE, 34, 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. ISBN 85-7515-371-4.

PINTO, A C; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

RAMALHO JR., F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Fundamentos da Física**. 9. Ed. São Paulo: Moderna, 2007. 3 volumes.

REZENDE JR, M. F.; CRUZ, F. F. S. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

RUIZ, V. M. Motivação na universidade: uma revisão da literatura. In: **Rev. Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 15-24, maio/agosto 2003.

SALÉM, S. **Estruturas Conceituais no Ensino de Física**: uma aplicação à Eletrostática. 1986. 132f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J.W. **Princípios de física**. 1. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 4 volumes.

SHABAJEE, P.; POSTLETHWAITE, K. What happened to modern physics? **School Science Review**, Hertfordshire, UK, v. 81, n. 297, p. 51-56, 2000.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133-143, 1990.

TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. **Modern physics for scientist and engineers**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média**. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física**: para cientistas e engenheiros. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 3 volumes.

TORRE, A. C. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educacion em Ciências**, New Jersey, v. 2, n. 4, p. 70-71, 1998.

UFABC. Textos de referência. Santo André: online, 2006. Disponível em <[http://www.ufabc.edu.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=120&Itemid=73](http://www.ufabc.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=73)>. Acesso em: 29 nov. 2011.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Sears e Zemansky física**. 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

Enviado em Dezembro / 2011

Aprovado em Março/2012