

GILBERTO DE HOLANDA CAVALCANTI

**REFLEXÕES SOBRE O USO DA DEDUÇÃO DA LEI DE
NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Co-orientador: Prof^o. Dr. Ernande Barbosa da Costa

RECIFE, 28 de Fevereiro de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

**REFLEXÕES SOBRE O USO DA DEDUÇÃO DA LEI DE NEWTON DA
GRAVITAÇÃO UNIVERSAL NO ENSINO MÉDIO**

Comissão Examinadora:

Prof^a. Dra. Heloisa F. B. N. Bastos
Presidente

Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda
1º Examinador

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório
2º Examinador

Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa
3º Examinador

RECIFE, 28 de FEVEREIRO de 2005

Dedico,
Aos meus saudosos pais,
Ana e José de Holanda (In Memoriam),
aos meus filhos, Victor e Natália,
e a minha esposa Cristina.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida e a oportunidade de realizar este trabalho.

A Heloisa Bastos e Ernande Barbosa, por terem acreditado em mim e me orientado nesta caminhada.

A todos os que fazem o Colégio de Aplicação da UFPE, pelo apoio.

Aos colegas professores do CEFET, em especial aos professores: Marco Macedo, Viriato Leal, Luiz Abelardo, José Geraldo, Osanan Lira, Gilvan Farias e Guilherme Pereira.

Aos alunos participantes da pesquisa.

Aos colegas do mestrado.

Aos companheiros professores que participaram da pesquisa.

Aos autores de livros-texto cujos trabalhos nos enriqueceu e nos ajudou no nosso dia a dia, em especial: Pauli, Majorana, Heilmann e Chohfi; Ramalho, Nicolau e Toledo; Bonjorno's e Clinton; Talavera; Ricardo, Newton e Gualter; Máximo e Beatriz.

E a todos que direta ou indiretamente participaram desta pesquisa.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
SUMÁRIO	
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	08
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.1 - Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak.....	16
1.2 - A Gravitação Universal.....	22
1.3 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.....	37
1.4 - A fundamentação da metodologia.....	43
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA.....	48
2.1 - Sujeitos.....	49
2.2 - Pré-teste.....	49
2.3 - Aula experimental sobre elipse.....	49
2.4 - Relatórios sobre as atividades da 1ª, 2ª e 3ª Leis de Kepler.....	49
2.5 - Aula expositiva da dedução da Lei da Gravitação Universal.....	50
2.6 - Questionário para os professores a respeito das deduções de leis e teoremas no Ensino Médio.....	50
2.7 - Análises de livros-texto.....	50
2.8 - Questionário para os alunos sobre a seqüência didática adotada.	50
2.9 - Pós-teste.....	50
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	51
3.1 - Categorização e análise do pré e pós-testes.....	52
3.2 - Categorização e análises dos questionários.....	67
3.3 - Análise da transposição didática da Gravitação Universal nos livros-texto de Física do Ensino Médio.....	83
3.4 - Categorização e análise das impressões dos alunos quanto ao uso da seqüência didática que deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal no Ensino Médio.....	90
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES.....	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
APÊNDICES.....	134

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as razões que levam professores de Física do Ensino Médio a não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal. Tínhamos como hipóteses que isso ocorria porque os livros-texto atuais não abordam a dedução da Lei da Gravitação Universal e porque os professores preparam suas aulas utilizando apenas livros didáticos e materiais que não deduzem a Lei da Gravitação. Investigamos 18 (dezoito) professores de escolas públicas e privadas, através da aplicação de um questionário com questões abertas, que permitiam identificar os livros didáticos utilizados por esses professores e suas posturas com relação à prática docente. Os resultados obtidos apontaram para o desconhecimento da dedução da Lei como a principal razão de sua não utilização. Além disso, dos dez livros mais citados pelos professores, nenhum apresentava essa dedução. Por outro lado, demonstramos que era possível deduzir a Lei da Gravitação contemplando a hierarquização de conceitos e princípios da Física e sua interdisciplinaridade com Matemática, Filosofia e Geopolítica, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak. Com relação aos alunos, apesar da maioria que assistiu às aulas sobre a dedução da Lei ter valorizado a apresentação da dedução, houve pouco interesse por uma metodologia que dedicava muito tempo aos detalhes, ao invés de assumir uma postura mais pragmática semelhante à dos professores de cursos pré-vestibulares, que tentam trabalhar o conteúdo com questões utilizadas em vestibulares anteriores, transformando-se num verdadeiro “treinamento” para o vestibular. Diante desses resultados, sugerimos que a pesquisa seja aplicada a alunos de 2ª ou 1ª série do Ensino Médio, que não estão sujeitos as pressões dos vestibulares.

ABSTRACT

This work had as objective to analyze the reasons that take high school physics teachers not to deduce is law of the Universal Gravitation. We had as current hypotheses that this occurred because text books do not present the deduction of this law and because these teachers prepare their its lessons using only didactic material which do not deduce the Law of Universal Gravitation. We have investigated 18 (eighteen) teachers of public and private schools, through the application of a questionnaire with opened questions, wchich allowed to identify didactic books used by these teachers and theirperspectives in relation to the teaching practical. The results pointed out o the unfamiliarity with the deduction of the Law as the main reason for not using it. Moreover, among the ten most cited books the professors, none presented this deduction. On the other hand, we demonstrated that it was possible to deduce the Law of Gravitation by contemplating the hierarchization of physics concepts and principles and then interdisciplinarity with Mathematics, Philosophy and Geopolitics, in accordance with Ausubel's and Novak's Theory of significative lerning. Regarding the pupils, despite the valuation given by the majority who had attended the presentation of the deduction, they had little interest for a methodology which dedicated much time to the details, instead of assuming a more pragmatic position similar to the one adopted by pre-vestibular teachers, who try to present the content using questions which appeared in previous vestibular contests, praticing "training" for these contests. Considering these results, we suggest that the research should be to applied pupils of 2nd or 1st series in high school, who are not subjected to pressures due to vestibular.

INTRODUÇÃO

A educação é um processo dinâmico que exige do professor, ou de qualquer profissional que se aventure a participar dela, uma dedicação, que o conduza sempre a questionar cada passo dado, devendo refletir sobre a prática pedagógica, a fim de contribuir para a ocorrência da *aprendizagem significativa*¹ do aluno.

Procurando sair do lugar comum, desenvolvemos pesquisas, de maneira não formal, em seqüências didáticas que *valorizam as demonstrações*. Ao procurar fazer o mestrado em Ensino das Ciências viemos em busca de um *aval científico para tais preocupações*.

Após estudarmos a disciplina do Mestrado “Teoria da Aprendizagem”, onde foram apresentadas as teorias de: Gagné, Piaget, Vygotsky, Bruner, Ausubel, Johnson-Laird, Kelly, Carl Rogers, Paulo Freire e outros, constatamos para as nossas preocupações, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak era a que mais nos contemplava.

Este trabalho visa analisar as razões que levam, ou não, autores de livros-texto e professores do ensino médio a *não deduzirem* a Lei de Newton da Gravitação Universal, e testar essas razões através de uma seqüência didática² que inclua essa dedução numa linguagem, física e matemática, que esteja no nível do Ensino Médio. A seqüência didática alternativa para a Lei de Newton da Gravitação Universal, utilizando-se da dedução, estará baseada na teoria psicopedagógica da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.

A Gravitação Universal é um tema importante, pois sua fundamentação teórica não foi criação de uma só pessoa e sim uma construção humana que levou aproximadamente 47 séculos, a partir das civilizações suméria, acadiana e babilônica, passando pelos gregos Pitágoras, Platão e Aristóteles, continuando na Idade Média com a civilização muçulmana através dos astrônomos islâmicos até chegar no Renascimento com Copérnico, Galileu, Tycho Brahe, Kepler e Newton, que a estruturou. A lei de Newton da Gravitação Universal tornou a Astronomia uma rigorosa disciplina científica, constituindo um marco da ruptura do paradigma aristotélico. As rupturas de paradigmas não se dão por decretos. É preciso dominar

¹ Aprendizagem significativa é aquela compreendida pelo sujeito e não apenas memorizada (BRUNNER, 1978, apud TAVARES e ALARCÃO, 1985, p. 104).

² Ver metodologia página 48.

o paradigma vigente para perceber que ele não é mais suficiente para explicar *as novas observações da realidade*. Ou seja, com os trabalhos de Copérnico, Tycho Brahe, Galileu e Kepler é que Newton foi capaz de reinventar a Física, rompendo com a Física Aristotélica e chegando ao ápice do mecanicismo. Cabe aqui uma discussão sobre até que ponto os trabalhos de Newton favoreceram o surgimento da *revolução industrial* na Inglaterra, que trouxe para esse país praticamente três séculos de hegemonia mundial. Até que ponto a ruptura do rei Henrique VIII com o papa Clemente VII no início do século XVI e a revolução inglesa, de Oliver Cromwell, *iniciada em 1642*, favoreceram as idéias contrárias a Roma e com isso, as idéias de Copérnico, Galileu e Kepler, puderam ser desenvolvidas, a ponto de Newton formular a Lei da Gravitação Universal? Logo, ao nosso ver, Gravitação Universal, seria um tema que poderia ser trabalhado de maneira interdisciplinar com os professores de Física, História e Filosofia, merecendo assim um maior destaque no ensino médio.

“O estudo da Gravitação Universal leva o estudante a entrar em contato com uma lei de grande importância, pelo papel fundamental que ela desempenha no campo da Física. O estabelecimento das idéias de Gravitação Universal é considerado um dos fatos mais importantes no desenvolvimento das ciências em geral e da Física em particular: Assim, acreditamos que a omissão deste capítulo, ou a sua apresentação de maneira sucinta constitui uma verdadeira lacuna na formação do estudante e na visão que ele vai adquirir das idéias e princípios fundamentais da Física Clássica” (MÁXIMO e ALVARENGA, 2000, p. 218).

A Lei de Newton da Gravitação Universal não é um princípio, não é um postulado e nem uma lei empírica e sim uma *lei teórica*, derivada das Leis de Kepler, das equações da cinemática, das próprias Leis de Newton da Mecânica Clássica e dos elementos da Geometria Euclidiana. Logo, é de se estranhar à falta da demonstração dessa lei nos livros-texto do ensino médio. A alegação que a demonstração é difícil não se sustenta, pois existem outros assuntos que são demonstrados, como por exemplo: *o cálculo da pressão de um gás ideal*, usando os princípios da teoria cinética dos gases, que ao nosso ver, é mais complexo do que a demonstração da Lei da Gravitação Universal.

“Mais uma vez insistimos sobre a distorção na apresentação de uma lei fundamental como se fosse um postulado, sem referência à maneira pela qual se desenvolveram os conceitos e relações que levaram ao seu estabelecimento. Solicitamos sua atenção para a seqüência na apresentação deste capítulo: partindo das idéias dos gregos na Antiguidade, passando por Ptolomeu, T. Brahe e Kepler; até chegar às idéias de Newton. A própria Lei da Gravitação é introduzida de maneira gradual, embora sem muitos detalhes, procurando evitar que os alunos pensem que Newton estabeleceu aquela lei como fruto de uma inspiração repentina, ao observar a queda de uma maçã” (MÁXIMO e ALVARENGA, 2000, p. 218).

Atualmente o ensino de Física está baseado em aulas expositivas, em que as leis e os teoremas da Física são apresentados como se fossem *definições ou postulados*, levando o aluno a uma *aprendizagem por recepção mecânica ou memorizada*,³ adestrando-o a resolver exercícios por mera repetição, substituindo letras por números.

Algumas demonstrações da Física são clássicas e apresentadas na maioria dos livros-texto, como por exemplo: função horária do espaço do movimento uniformemente variado; equação de Torricelli; no MUV a velocidade escalar média como média aritmética das velocidades inicial e final no trecho em questão; teorema da energia cinética; teorema do impulso; teorema de Stevin; teorema de Arquimedes; relações entre os coeficientes de dilatação dos sólidos e dos líquidos; a equação de Clapeyron para o gás ideal; a equação da pressão através da teoria cinética dos gases; a relação entre temperatura e energia cinética média das moléculas de um gás ideal; as relações entre calores específicos com a teoria cinética dos gases; equação do módulo do vetor indução magnética no centro de uma espira e outras demonstrações. Mesmo assim, alguns professores as omitem, pois acham que elas são cansativas e desestimulantes para os alunos. Ou seja, eles são pragmáticos e apresentam diretamente as fórmulas, como se equações físicas e teoremas fossem definições ou postulados. Não ensinam as razões dos fenômenos, não ensinam princípios e com isso levam os alunos a uma *aprendizagem por recepção memorizada*.

Por outro lado, o ensino experimental foi abandonado, devido ao alto custo para a manutenção de um laboratório didático, tanto do ponto de vista da compra e manutenção dos equipamentos, quanto do pagamento de hora-aula para os professores prepararem as práticas, além da disponibilidade de espaço físico. Diante dessas limitações, temos como alternativa o desenvolvimento de seqüências didáticas que tornem as aulas de Física mais interessantes, ou seja, seqüências que levem o aluno a uma *aprendizagem por descoberta significativa ou compreendida e também por recepção significativa ou compreendida*.⁴

A seqüência didática baseada em deduções pode trazer vantagens para o ensino das ciências em relação ao que está no mercado editorial dos livros-texto e no dia-a-dia dos professores, pois, os novos conceitos, ao chegarem na estrutura cognitiva dos alunos, encontrarão

³ Ver página 19.

⁴ Ver página 19.

conceitos prévios que servem de ancoragem, fazendo com que os novos conceitos não fiquem soltos na sua estrutura cognitiva, nem sejam facilmente esquecidos, como acontece quando ocorre aprendizagem por recepção mecânica.⁵ Exemplo: Ao fazer a dedução da Lei da Gravitação Universal o aluno *revisa e aplica*: as Leis de Kepler, as três Leis de Newton da Mecânica, conceitos de cinemática vetorial como aceleração centrípeta, conceitos de geometria analítica, num processo de uso, integração e desenvolvimento entre os conceitos, ou seja, haverá assim *uma maior perspectiva* de ocorrer na sua estrutura cognitiva um respeito à hierarquia de conteúdos, de uma lógica, de uma harmonia, ou seja, uma aprendizagem significativa.⁶

As demonstrações, quando bem entendidas auxiliam muito a compreensão das relações e conceitos envolvidos. Elas mostram como diferentes conceitos se inter-relacionam, de onde surgem determinadas constantes e relações físicas e, sobretudo, quais são as aproximações ou restrições feitas. Dessa forma, a compreensão de uma dedução - obviamente, não se trata de sabê-la de cor - ajuda o aluno, a saber, quando, como e por que uma expressão pode, ou não, ser aplicada, condição essencial para interpretação adequada de qualquer situação física (GASPAR, 2001, p.6).

Neste momento vamos descrever nossas premissas e objetivos, indicando os aspectos cruciais da pesquisa.

Objetivo geral

Analisar as concepções dos professores, quanto à pertinência ou não da inclusão da dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal nas seqüências didáticas utilizadas no Ensino Médio numa perspectiva da ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Objetivos específicos:

- a. *Analisar* as transposições didáticas sugeridas pelos livros-texto de Física, mais utilizados no ensino médio, das editoras com representantes na cidade do Recife, sobre a Lei de Newton da Gravitação Universal;
- b. *Analisar* as seqüências didáticas adotadas por professores, da rede pública e privada, para a lei de Newton da Gravitação Universal;

⁵ Ver aprendizagem por recepção memorizada, p.19.

⁶ Ver influência programática da estrutura cognitiva, p.17.

- c. *Analisar* as concepções de professores, quanto à pertinência ou não do uso da demonstração da Lei de Newton da Gravitação Universal como estratégia didática para um ensino-aprendizagem mais significativo;
- d. *Identificar* as concepções prévias de alunos sobre as três Leis de Newton da Mecânica Clássica, as grandezas físicas da Cinemática tanto escalar e vetorial, angular e linear e os conceitos da Geometria Euclidiana;
- e. *Avaliar* a reação desses alunos quanto à importância ou não da dedução da Lei da Gravitação Universal como estratégia didática para um ensino dialógico, construtivista e não dogmático.

Hipóteses:

- a. Os professores que tiveram contato com a dedução da Lei de Newton da Gravitação, o fizeram através de uma transposição didática que envolve equações diferenciais integrais, derivada do momento angular, derivadas dos versores polares, equação do vetor aceleração em termos de coordenadas polares e não viram a demonstração para o caso particular da trajetória circular.
- b. A demonstração da Lei de Newton da Gravitação Universal não é feita no ensino médio, porque os professores *estão* restringindo o material utilizado para a preparação de suas aulas aos livros-texto do ensino médio, que omitem tal demonstração.
- c. *É possível desenvolver através da Física e da Matemática do ensino médio, (as três Leis de Newton da Mecânica Clássica; das três Leis de Kepler para o movimento dos planetas; das grandezas físicas estudadas na Cinemática tanto escalar e vetorial, linear e angular; da Álgebra e da Geometria Euclidiana), uma seqüência didática que inclua a demonstração da Lei de Newton da Gravitação Universal.*

A dissertação consiste de quatro capítulos, referências bibliográficas e apêndices.

No capítulo 1, apresentamos a Fundamentação Teórica onde mostramos os quatro pilares da pesquisa:

- Teoria Psicopedagógica de Ausubel e Novak;
- Teoria da Gravitação Universal;
- O Ensino da Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais;
- A Fundamentação da Metodologia da Pesquisa.

No capítulo 2, mostraremos a metodologia, onde indicaremos todos os passos tomados para se atingir os objetivos.

No capítulo 3, apresentaremos as categorizações e análises dos:

- Categorização e análise do pré e pós-testes.
- Categorização e análise do questionário aplicado aos professores sobre a importância das deduções e em particular a dedução da Lei de Newton da Gravitação com estratégia didática para uma aprendizagem significativa.
- Categorização e análises análise das transposições didáticas da gravitação universal nos livros-texto de física do ensino médio.
- Categorização e análise do questionário aplicado aos alunos da turma piloto, que testou a seqüência didática que deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal

No capítulo 4, apresentamos nossas conclusões e sugestões sobre o uso da dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal no Ensino Médio.

No final da dissertação apresentamos as referências bibliográficas e os apêndices constando o artigo **“REFLEXÕES SOBRE AS RAZÕES QUE LEVAM PROFESSORES DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO A NÃO DEDUZIREM A LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSA”**

Além do que foi discutido anteriormente, é importante considerar que uma seqüência didática baseada em demonstração está de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999), pois leva o aluno a construir o conhecimento e perceber que o conhecimento é uma construção humana e coletiva. Ou seja, ao fazer essa demonstração discutiremos a Lei da Inércia de Galileu e a 1ª Lei de Newton, as Leis de Kepler e as 2ª e 3ª Leis de Newton, além dos sistemas de Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico e Tycho Brahe.

O tema Gravitação Universal pode ser abordado numa perspectiva interdisciplinar. Pois podemos questionar que mundo (paradigma) nós viveríamos, se Newton não tivesse publicado seus trabalhos? Quanto de atraso tecnológico teríamos, ou não? Ou seja, é provavelmente o tema mais abrangente da Física, pois, podemos discutir: Filosofia, Cosmologia, História, cinemática, força, quantidade de movimento, energia, Exploração Espacial, etc.

Então o nosso objetivo maior é sensibilizar os professores da possibilidade de incluir no seu cotidiano pedagógico a valorização do capítulo da Gravitação Universal e a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal. Sugerindo também que os autores de livros-texto em suas próximas edições dos seus livros incluam a dedução e que o capítulo passe a ter um destaque maior do que os demais.

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Mostraremos agora os pressupostos teóricos que norteiam à nossa pesquisa, ou melhor, a fundamentação teórica da nossa pesquisa é baseada em quatro campos de atuação:

- I. Na teoria psicopedagógica da “Aprendizagem Significativa” de Ausubel e Novak.
- II. Na teoria Física da “Gravitação Universal”.
- III. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino da Física.
- IV. Na Fundamentação da Metodologia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1- Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak.

Segundo Moreira (1999, p.151) podemos identificar três tipos de aprendizagem:

- a) Cognitiva – É aquela que resulta no armazenamento organizado das informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva.
- b) Afetiva – É aquela que resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências, tais como; prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. Algumas experiências afetivas acompanham as experiências cognitivas.
- c) Psicomotora – É aquela que envolve respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática, porém algumas aprendizagens cognitivas são geralmente importantes na aquisição de habilidades psicomotoras.

A teoria de Ausubel e Novak focaliza primordialmente a aprendizagem cognitiva.

Para David Ausubel, psicólogo da aprendizagem, o principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Isto é, o material a ser aprendido precisa fazer algum sentido para o aluno. Isso acontece quando a nova informação “ancora-se” nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 1999).

Para Ausubel, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva do aluno.

Estrutura Cognitiva é o conjunto total de idéias de um certo indivíduo e sua organização: ou conteúdo e organização de suas idéias em uma área particular do conhecimento.

Segundo Moreira e Masini (1982) a estrutura cognitiva pode ser influenciada de duas maneiras:

- a) *Substantivamente* – através de apresentação ao aprendiz de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras;
- b) *Programaticamente* – pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização seqüencial da matéria de ensino.

Para que haja essa *influência substantiva*, Ausubel sugere os *organizadores prévios*, que são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Ao contrário de sumários que são ordinariamente apresentados ao mesmo nível de certos aspectos do assunto, os organizadores prévios são apresentados num nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas” (MOREIRA, 1999).

No caso da seqüência didática que servirá como teste, usaremos como organizadores prévios: Filmes sobre a vida de Kepler, Newton; slides sobre Astronomia; para-didáticos sobre Newton e sobre Astronomia.

Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma *estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina*. Acredita que esses conceitos estruturais podem ser identificados e ensinados a um aluno, constituindo para ele um sistema de processamento de informações, um verdadeiro mapa intelectual que pode ser usado para analisar o domínio particular da disciplina e nela resolver problemas (MOREIRA e MASINI, 1982, destaque nosso).

Para influenciar de maneira programática usaremos as demonstrações, sempre que possível, expondo o conteúdo no nível de justificativa, respeitando as hierarquias dos pré-requisitos.

Segundo Ausubel, para planejar a instrução, a tarefa mais difícil é a identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino e como eles estão estruturados (ibidem, p.42).

Ao fazer a *dedução da Gravitação Universal* estaremos aplicando os princípios da Mecânica Clássica de Newton (Lei da Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Princípio da Ação

e Reação). Esses princípios, as três Leis de Kepler, conceitos de cinemática e elementos da Geometria Euclidiana servirão de conceitos subsunçores para a construção na estrutura cognitiva da Lei da Gravitação Universal. Sem essas ancoragens, teremos mais uma fórmula a ser decorada.

Como perceber a priori que a força gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos, ou seja, $F_g \propto M.m$, em que M e m são as massas dos corpos envolvidos na interação gravitacional? Por que não $F_g \propto (M+m)$? Como perceber que a força gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância de centro a centro entre os corpos, ou melhor, $F_g \propto (1/d^2)$? Nós poderíamos sugerir que $F_g \propto d$, ou seja, quanto mais afastado maior seria a velocidade que o objeto chegaria à superfície da Terra, ou seja, maior energia que poderia induzir a uma concepção, *errada*, de maior força. Como justificar que um objeto sujeito à ação de uma força central não cai na direção do objeto que puxa? Por que a Lua não cai na Terra? Como justificar a estabilidade do Sistema Solar?

Logo ao invés, de ensinar a decorar fórmulas, devemos ensinar os princípios da Física. Acreditamos que o ensino focado em deduções poderá levar o aluno a esta percepção.

Segundo Ausubel:

“Uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos conceitos organizadores básicos de uma dada disciplina) está resolvido, a atenção pode ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação das unidades componentes”. Aqui, por hipótese, vários princípios relativos à programação eficiente do conteúdo são aplicáveis, independente da área de conhecimento (AUSUBEL, 1968, apud MOREIRA E MASINI, 1982, p. 42).

Segundo Moreira e Masini:

A *aprendizagem significativa* processa-se quando o material novo, idéias e informações que apresentam uma estrutura lógica interagem com os conteúdos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade (ibidem, p.4).

A seqüência didática da Lei de Newton da Gravitação Universal enfocada na dedução poderá favorecer a esta ancoragem, pois, cada passo dado, está de acordo com as Leis de Kepler, as Leis de Newton da Mecânica e com a linguagem da Geometria Euclidiana.

Para Ausubel, o mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem (MOREIRA E MASINI, 1982).

Ausubel discordou da opinião bastante generalizada de que ao ensino de tipo expositivo se associa uma aprendizagem receptiva, memorizada ou mecânica, enquanto que o ensino pela descoberta corresponde a uma aprendizagem dinâmica, significativa ou compreendida. Em sua opinião, o ensino expositivo não leva necessariamente a uma aprendizagem de tipo memorizado ou mecânico e, embora reconheça vantagens no ensino por descoberta, crê, no entanto, tratar-se de um ensino muito moroso e pouco econômico, pelo que propõe aquilo a que chama a “guided discovery learning” (ensino por descoberta guiada), estratégia segundo a qual o professor funciona como organizador do processo de ensino/aprendizagem, não deixando que o ensino aconteça tanto ao sabor e ao ritmo dos interesses dos alunos (TAVARES e ALARCÃO, 1985).

Segundo Ausubel (ibidem, p. 104), há quatro tipos de aprendizagem:

- a) *Aprendizagem por recepção significativa ou compreendida* – É aquela em que o professor organiza a matéria a ensinar de uma forma lógica e, ao apresentá-la ao aluno, relaciona-a com os conhecimentos que este já possui de tal modo que ele possa perceber o que está a aprender e integrar os novos conhecimentos na sua estrutura cognitiva existente.
- b) *Aprendizagem por recepção mecânica ou memorizada* – É aquela em que o professor apresenta a matéria de tal forma que o aluno apenas tem de a memorizar.
- c) *Aprendizagem pela descoberta significativa ou compreendida* – É aquela em que o aluno “descobre” o conhecimento por si próprio, chega à solução de um problema que se lhe põe ou a qualquer outro resultado e relaciona o conhecimento que acaba de adquirir com os conhecimentos que já possuía.
- d) *Aprendizagem pela descoberta mecânica ou memorizada* – É aquela em que, apesar, de chegar por si próprio à descoberta da solução de um problema, o aluno depois apenas memoriza de um modo mecânico sem a integrar na estrutura cognitiva que já possuía.

Josph D. Novak, professor da Universidade de Cornell, no Estados Unidos, é co-autor da segunda edição do livro básico sobre a teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel (Ausubel et al., 1980). Novak e seus colaboradores (Moreira entre eles), usando a mesma base psicocognitiva de Ausubel, são responsáveis pelo refinamento e teste da teoria.

Por isso, é mais correto hoje, chamar a teoria da aprendizagem significativa de “Teoria de Ausubel e Novak” (MOREIRA, 1999).

Segundo Novak, a educação é o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras). Para Novak, os seres humanos pensam, sentem e atuam (fazem). Para ele, uma teoria da educação deve procurar melhorar como os seres humanos pensam, sentem e fazem (MOREIRA, 1999).

Qualquer evento educativo, para Novak, implica em trocas de significados e sentimentos entre professor e aluno. O objetivo desta troca é a aprendizagem significativa de um novo conhecimento contextualmente aceito (MOREIRA, 1999).

Para Schwab qualquer evento educativo envolve quatro elementos básicos, lugares comuns: o aprendiz; o professor; a matéria de ensino (currículo) e matriz social (MOREIRA, 1999).

Segundo Novak (idem, p.168), qualquer evento educativo possui cinco elementos:

- a) O aprendiz;
- b) O professor;
- c) O conhecimento;
- d) O contexto social;
- e) A avaliação.

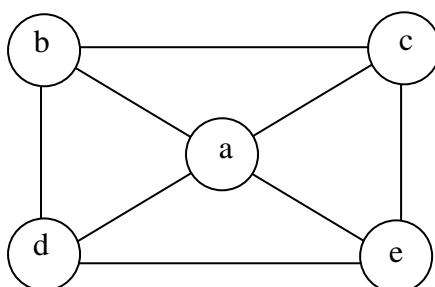


Fig.1.1 – Mapa conceitual de um evento educativo.

Para Novak, muito do que acontece no processo ensino – aprendizagem – conhecimento – contexto, depende da avaliação. Segundo Novak, muito do que acontece na vida, depende da avaliação (MOREIRA, 1999).

Significados são contextuais; aprendizagem significativa implica em dar significados ao novo conhecimento por interações com significados claros, estáveis e diferenciados previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 1999).

Só há aprendizagem quando o aluno compartilha significados já compartilhados por uma comunidade de usuários. Aprender uma disciplina de maneira significativa é vir compartilhar significados com essa comunidade. A troca de significados entre professor e aluno tem esse objetivo. Um aluno pode aprender de maneira significativa, porém errada, pois, seus

significados não são compartilhados com o professor ou comunidade de usuários (MOREIRA, 1999).

Ao nosso ver a escola tem como objetivo maior, preparar o aluno para entrar, compreender e participar do paradigma vigente quer do ponto de vista (sócio-econômico, do conhecimento, da tecnologia e da geopolítica).

Um estudante pode aprender Física de maneira significativa porque relaciona o novo conhecimento de maneira não-arbitrária e não-litera ao conhecimento prévio, claro, estável e diferencial que já existe em sua estrutura cognitiva. É essa interação entre o novo conhecimento e o prévio, através do qual o novo adquire significados e o prévio se torna mais diferenciado, mais rico, mais elaborado, que caracteriza a aprendizagem significativa, não o fato de que tais significados sejam corretos do ponto de vista científico (MOREIRA, 1999).

Os professores esperam que os alunos captem e incorporem às suas estruturas cognitivas os significados cientificamente aceitos, ou contextualmente compartilhados. É com essa finalidade que o professor interage com o aluno e com ele troca, significados (idem, p.170).

Para Novak um evento educativo, aprendizagem significativa, é uma ação de trocar significados, além disso, uma troca de *sentimentos*, ou seja, um evento educativo é também acompanhado de sentimento (MOREIRA, 1999).

É necessário que o aprendiz esteja predisposto para aprender. A outra condição para haja aprendizagem significativa é que o material seja potencialmente significativo (idem, p.170).

A predisposição está inteiramente relacionada com a afetividade que o aprendiz tem com o professor (MOREIRA, 1999).

Vamos agora apresentar a teoria da Gravitação Universal, citando as três Leis de Kepler, descrevendo os elementos da elipse, mostrando que se a velocidade areolar é constante a força é central. Na linguagem da graduação usamos derivadas, usaremos uma estratégia didática diferente para os alunos do ensino médio. Deduziremos a Força Gravitacional entre o Sol e um planeta, para o caso particular da trajetória circular, utilizando-se dos Princípios da Mecânica de Newton. Mostraremos de que fatores dependem a constante da 3ª Lei de Kepler.

1.2- Gravitação Universal

1.2.1 Introdução

História da Astronomia.

A astronomia teve origem na perplexidade do homem diante dos fenômenos naturais e em sua necessidade de resolver problemas como a medição do tempo e a navegação. Por isso, durante séculos, a observação astronômica sofreu profundas modificações e aperfeiçoamentos. Antes vinculada à astrologia, a astronomia tornou-se uma rigorosa disciplina científica que possibilita conhecer a composição, a estrutura e o deslocamento dos corpos celestes.

É indiscutível que o homem primitivo observava os acontecimentos que se repetiam no céu, como as fases da Lua ou as diversas posições dos planetas e das estrelas mais visíveis. No entanto, os primeiros registros astronômicos sistemáticos apareceram na Mesopotâmia, no contexto das civilizações suméria, acadiana e babilônica. Três mil anos antes da era cristã já se conheciam na Suméria algumas constelações. Séculos mais tarde, os sacerdotes-astrônomos da Babilônia, além de identificar os planetas mais próximos, desenvolveram um sistema preciso de projeções que permitia prever os movimentos da Lua, e também um calendário baseado nos deslocamentos lunares.

Astronomia Ache Tudo e Região

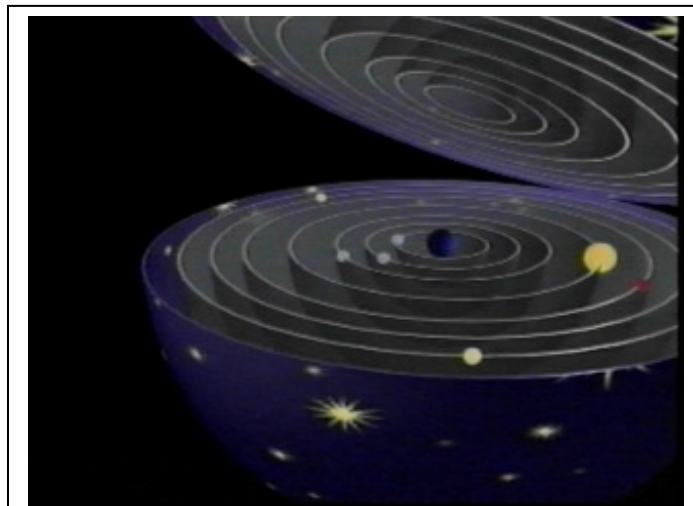


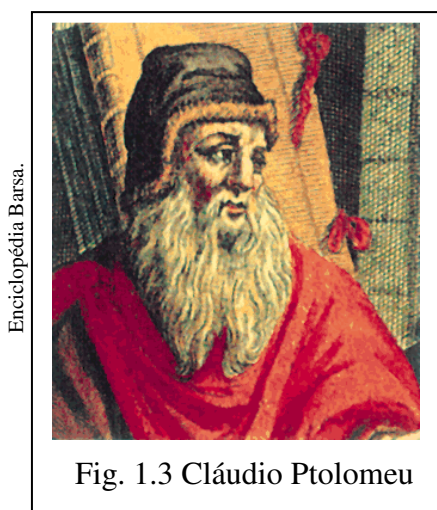
Fig.1.2 Modelo Cósmico de Pitágoras

Na Grécia, a partir do século VI a.C., duas escolas de filosofia, a pitagórica e a platônica, apresentaram diferentes concepções do cosmo. Embora distintas, as duas interpretações tinham um princípio comum que sustentava a existência de uma ordem inteligível e racional, capaz de descrever e prever os acontecimentos celestes por meio da observação e do

cálculo. Para Pitágoras, que viveu no século VI a.C., o céu era formado de esferas concêntricas em que os astros se fixavam. De acordo com essa teoria, tais esferas giravam em certa ordem visível a partir da Terra (ver fig. 1.2), que constituía o centro do universo.

A escola pitagórica empenhou-se em explicar o universo segundo um modelo matemático, baseado na harmonia dos números. Apesar de se limitar a reunir em sua filosofia observações da época, Platão recomendou a seus discípulos da Academia que considerassem os corpos celestes como objetos obrigados a descrever movimentos circulares, com o que poderiam prever suas translações. Aristóteles fixou, de maneira definitiva, a concepção do cosmo como uma série de esferas concêntricas que giram ao redor da Terra, cada uma delas mais etérea que a anterior.

Esse sistema não conseguia explicar, por exemplo, as diferenças de brilho entre as estrelas, que se supunha estarem presas a uma mesma esfera, ou as distâncias fixas de Mercúrio e Vênus em relação ao Sol. É necessário, porém, esclarecer que essa interpretação dava aos acontecimentos celestes explicação racional, por meio de um modelo geométrico em que a intervenção divina era fonte e fim do processo, mas não o afetava em seu transcurso. Com base nesse sistema, outro grego, Hiparco, talvez o maior astrônomo da antiguidade, elaborou no século II a.C., um catálogo de 850 astros e sustentou que a Terra não estava no centro geométrico do cosmo, mas inteiramente fora dele.



No século II d.C. o alexandrino Cláudio Ptolomeu firmou em seu *Almagesto* o que haveria de ser o dogma da astronomia nos séculos seguintes: a tese de que a Terra permanece imóvel no centro do universo. Acreditou até que podia demonstrá-lo com o argumento de que, se o planeta girasse, os objetos lançados para o alto não voltariam a cair no mesmo lugar. Aprovou também a teoria das esferas celestes e organizou um catálogo astronômico de 1.022 astros.

A civilização romana deu poucas contribuições à ciência astronômica, uma vez que praticamente se limitou a preservar os conhecimentos adquiridos. A obra dos grandes

astrônomos antigos foi acumulada em suas bibliotecas e, posteriormente, nas de Constantinopla, de onde passou às mãos dos árabes.

Para a civilização muçulmana, o conhecimento do céu constituía uma disciplina afim às próprias crenças religiosas, pois permitia encontrar em qualquer ponto da abóbada celeste o caminho para Meca e, conseqüentemente, oferecia um referencial para que o crente assumisse a posição correta para as preces cotidianas. Os astrônomos islâmicos, porém, foram bem além do uso religioso da astronomia. Embora interessados principalmente na astrologia, traduziram as obras antigas, compilaram tábuas que regulavam os movimentos celestes, apuraram a precisão dos instrumentos de medição e registro já existentes, como o astrolábio, e realizaram novas observações. Enquanto isso, nos reinos cristãos imperava ainda o sistema de Aristóteles. Só no século XII da era cristã se reavivou o interesse pela astronomia. Em 1270, Afonso X o Sábio, rei de Castela, fez publicar as Táblas alfonsíes, que descreviam supostos caminhos percorridos pelos astros e também se baseavam no sistema de círculos de esferas. No final da Idade Média, as viagens de Colombo e Fernão de Magalhães, que demonstraram definitivamente a esfericidade da Terra, bem como a multiplicação dos conhecimentos propiciada pela imprensa, levaram ao descrédito os antigos sistemas astronômicos.

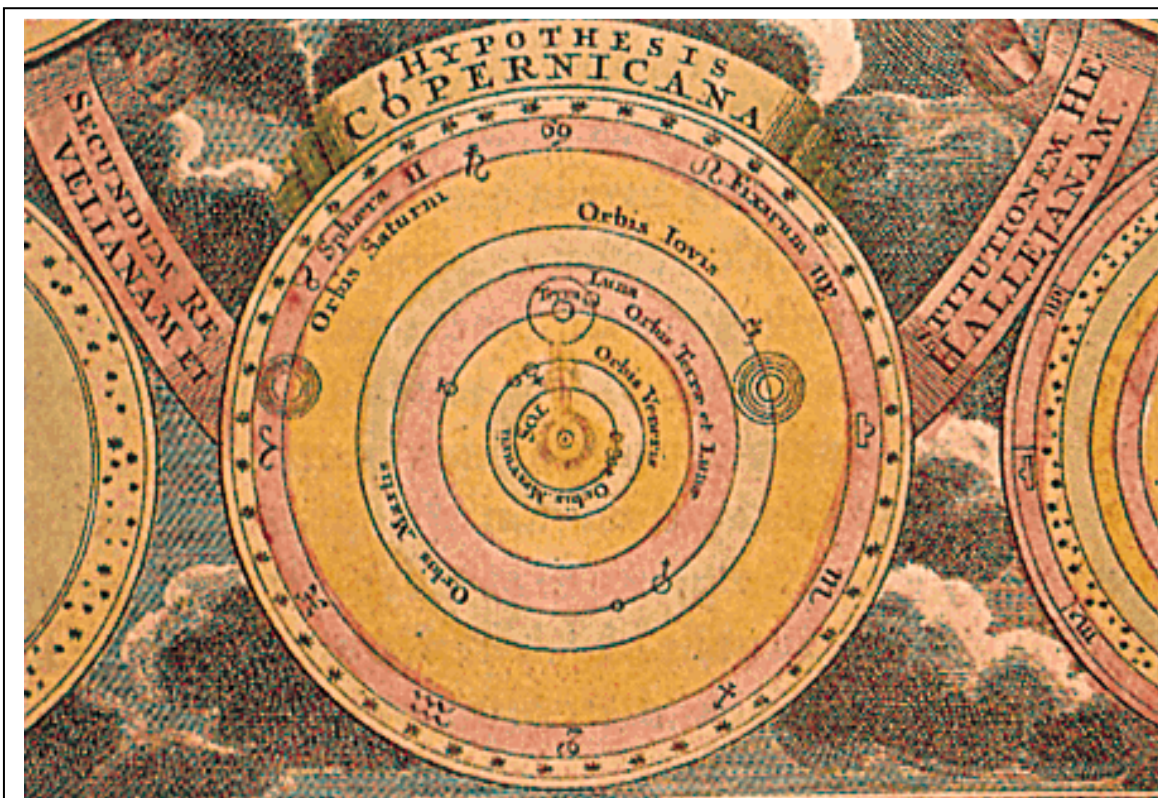


Fig. 1.4 Fragmento de uma gravura do século XVIII que mostra um planisfério elaborado segundo a teoria de Copérnico

Em 1543, o polonês Nicolau Copérnico publicou *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre as revoluções do céu), obra na qual afirmava claramente que o Sol ocupa o centro do universo, a Lua gira ao redor da Terra e todos os planetas descrevem revoluções em torno do Sol. Demonstrou também que a Terra gira em torno de si mesma, em ciclos de um dia. O aparecimento, mais tarde, de tábuas baseadas na teoria de Copérnico determinou a aceitação de seus princípios por parte dos homens de ciência da igreja. A interpretação de Copérnico despertava a desconfiança desse setor, por privar o homem da posição central que acreditava ocupar no universo.

O passo subsequente foi dado por Tycho Brahe. Dinamarquês apaixonado pela astronomia, dedicou vinte anos à observação metódica das estrelas e foi o primeiro a dar à astronomia um método sistemático. Embora tenha trabalhado antes da invenção do telescópio, suas observações foram extremamente precisas. Chegou mesmo a perceber o efeito da refração da atmosfera ao determinar a posição dos corpos celestes. O surgimento de uma estrela nova, em 1572, levou-o a questionar a validade da teoria que sustentava a imutabilidade do céu, e uma série de cometas que pôde observar desmentiram, com seus surpreendentes movimentos, a teoria das esferas.



Enciclopédia Barsa.

Fig. 1.5 Observatório Astronômico de Uraniborg, ilha de Vem, Dinamarca.

Brahe também detectou indícios de que a distância das estrelas à Terra era maior do que supunha Copérnico, de modo que nem este nem Aristóteles pareciam ter razão. Brahe imaginou que o Sol se movesse ao redor da Terra e os outros astros ao redor dele, mas não propôs nenhuma teoria nova. Insistiu, porém, na importância da precisão das observações. Ao deixar de servir ao rei da Suécia, mudou-se para Praga a fim de trabalhar com Kepler, a quem passou um grande acervo de anotações.



Fig. 1.6 Johannes Kepler

Foi o alemão Johannes Kepler quem completou o estabelecimento das leis que regem o movimento dos astros. Enriquecendo seus conhecimentos com as anotações e experiências de Tycho Brahe, Kepler empreendeu o estudo da órbita de Marte e comparou sistematicamente suas observações com os conhecimentos antigos. Concluiu que o planeta não seguia uma rota circular, mas elíptica, o que demonstrava e aperfeiçoava a teoria de Copérnico.

Em sua *Astronomia nova* (1609), obra revolucionária que firmava as bases de uma nova concepção científica, Kepler formulou a primeira de suas três leis. A primeira sustentava que os planetas descrevem uma elipse da qual o Sol é um dos focos. A segunda demonstrava que os planetas giram em torno do Sol, de tal modo que uma linha traçada a partir deles até o Sol atravessa sempre áreas iguais em iguais intervalos de tempo. Dez anos depois Kepler mostrou que o quadrado do período em que um planeta gira em torno do Sol é proporcional ao cubo da distância média que o separa deste.

1.2.2 As Leis de Kepler.

Segundo Alvarenga (2000): Johannes Kepler (1571-1630) – Grande astrônomo alemão, publicou sua primeira obra *Mysterium Cosmographicum* em 1597, em que se manifesta adepto das idéias heliocêntricas de Copérnico. Suas duas primeiras leis sobre o movimento dos planetas foram divulgadas através da publicação de seu livro *Astronomia Nova*, no ano de 1609, quando ele já se encontra trabalhando em Praga. Somente 10 anos mais tarde é que ele publicou sua 3ª lei, no livro *De Harmonice Mundi*, editado em 1619.

1ª Lei ou lei das órbitas – Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse descrita.

2ª Lei ou lei das áreas – O vetor posição do planeta em relação ao Sol, varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais.

A área varrida pelo vetor posição do planeta em relação ao Sol é diretamente proporcional ao intervalo de tempo.

Definimos velocidade areolar (V_a) a razão entre a área varrida e o intervalo de tempo, ou seja:

$$V_a = \frac{A}{\Delta t} \quad (\text{eq.1.1})$$

onde (A) é a área pelo vetor posição do planeta e (Δt) é o intervalo de tempo.

Outro enunciado para 2ª Lei de Kepler – A velocidade areolar de um planeta é constante.

Quanto mais afastado do Sol estiver o planeta maior será sua velocidade areolar.

Definimos de *afélio* o ponto da trajetória do planeta mais afastado do Sol. No afélio a velocidade orbital do planeta (módulo do vetor velocidade) é mínima.

Definimos *periélio* o ponto da trajetória do planeta mais perto do Sol. No periélio a velocidade orbital é máxima.

Kepler chegou a essas conclusões através das análises dos dados astronômicos obtidos por Tycho Brahe.

3ª Lei ou lei dos períodos – O quadrado do período de revolução é proporcional ao cubo do raio médio da respectiva órbita. Ou seja:

$$\frac{T^2}{R^3} = K_p \quad (\text{eq.1.2})$$

onde (T) é o período, (R) é o raio médio da órbita e (K_p) é a constante de Kepler para o sistema Solar.

Observe a tabela 1.2 – que relaciona período, raio médio, a razão T^2/R^3 e excentricidade de cada planeta.

Tabela 1.2 – Dados astronômicos sobre o Sistema Solar.

Planeta	Período de Revolução(T) (em anos terrestres)	Raio Médio da Órbita (em u.a)*	$\frac{T^2}{R^3} = K_p$	excentricidade
Mercúrio	0,241	0,387	1,002	0,2056
Vênus	0,615	0,723	1,000	0,0068
Terra	1,000	1,000	1,000	0,0167
Marte	1,8881	1,524	0,999	0,0934
Júpiter	11,86	5,204	0,997	0,0484
Saturno	29,6	9,58	0,996	0,0556
Urano	83,7	19,14	1,000	0,0473
Netuno	165,4	30,2	0,993	0,0086
Plutão	248	39,4	1,004	0,2480
(*) 1 u.a = 1 unidade astronômica = raio da órbita da Terra = $149,6 \cdot 10^6$ km				

O raio médio R é definido como sendo a média aritmética entre as distâncias do afélio r_a e do periélio r_p , ou seja:

$$R = \frac{r_p + r_a}{2} \quad (\text{eq. 1.3})$$

Como:

$$r_p + r_a = 2.a \quad (\text{eq. 1.4})$$

onde a é o semi-eixo maior da elipse, substituindo o numerador da (eq. 1.3) pelo segundo membro da (eq. 1.4), teremos:

$$R = a \quad (\text{eq. 1.5})$$

Definimos excentricidade de uma elipse (e) a razão entre a distância do foco ao centro da elipse (c) e o semi-eixo maior, ou seja:

$$e = \frac{c}{a} \quad (\text{eq.1.6})$$

Quando a excentricidade tende para zero a elipse tende para uma circunferência, pois, os focos e o centro da elipse coincidem.

1.2.3 Lei da Gravitação Universal

Segundo Talavera (2004):

- Por volta de 1680, Edmund Halley (1656-1742), Robert Hooke (1635-1703) e Giovanni Borelli (1608-1679) conseguiram através da 3ª lei de Kepler e da equação da aceleração centrípeta de Christian Huygens (1629-1695) justificar que a força que mantém um planeta em órbita em torno do Sol é diretamente proporcional ao produto da massa do planeta pela massa do Sol e inversamente proporcional ao inverso do quadrado da distância que os separa. Ou seja:

$$F_{\text{gr}} = \frac{G.M.m}{d^2} \quad (\text{eq.1.7})$$

onde (G) é a constante da gravitação universal, (M) é a massa do Sol, (m) é a massa do planeta e (d) é a distância de centro a centro das massas. Deduziram também a *existência de um par de forças de ação e reação entre o Sol e o planeta*.

- Para Halley, no entanto, ainda havia duas questões a esclarecer:

1. O fato da trajetória real dos planetas não ser circular, mas elíptica;
2. A recíproca não ter sido demonstrada. Em outras palavras: se a força que atua em um planeta é central – voltada constantemente para um mesmo ponto, no caso o centro do Sol – e tem intensidade inversamente proporcional ao quadrado da distância, esse planeta tem uma trajetória elíptica, com o Sol ocupando um de seus focos?

- Por isso, Halley, procurou saber a opinião do titular de Matemática da Universidade de Cambridge, Isaac Newton (1642-1727), que já era uma autoridade respeitadíssima nos círculos acadêmicos. Newton surpreendeu o colega afirmando que já havia pensado nas questões apresentadas e tinha, inclusive, as respostas para elas.

- Em fevereiro de 1685 – a data ficaria histórica – Newton entregou a Halley um manuscrito intitulado *Proposições sobre o movimento*. Ao lê-lo, Halley ficou admirado. O matemático de Cambridge, ao contrário de todo o mundo, que partia da Terceira Lei de Kepler, tinha generalizado a Segunda Lei de Kepler, a das áreas, provando ser essa lei verdadeira para todos os movimentos submetidos a uma força central. Em seguida,

combinando essa propriedade com a Primeira Lei, deduziu a relação $G \cdot \frac{M.m}{d^2}$ para todos os movimentos realizados sob a ação de uma força central.

- A seguir demonstrou a relação de reciprocidade, provando ainda que, depende da velocidade, a trajetória de um corpo celeste teria de ser uma circunferência ou uma elipse – como ocorre com satélites ou com os planetas –, ou então uma parábola ou hipérbole – como ocorre com as sondas espaciais ou os cometas.

- Como se tudo isso fosse pouco, Newton fazia suas demonstrações utilizando um processo algébrico inédito, desenvolvido a partir de uma técnica utilizada por Pierre de Fermat (1601-1665) 60 anos antes, para obter tangentes e áreas.

- Diante desse notável trabalho, Halley se dispôs a financiar a publicação de um livro em que Newton pudesse expor suas idéias com mais detalhes. Surgiu assim, em 1687, a primeira edição de *Princípios matemáticos da filosofia natural*, obra considerada até hoje fundamental para a Física.

- Consagrou-se, a partir de então, um modelo, chamado de **Gravitação Universal**, que afirma:

“ MATÉRIA ATRAI MATÉRIA NA RAZÃO DIRETA DAS MASSAS E NA RAZÃO INVERSA DO QUADRADO DA DISTÂNCIA.”

- A lei correspondente é:

$$F_g = G \cdot \frac{M.m}{r^2} \quad (\text{eq. 1.8})$$

- A partir desse modelo, é possível deduzir as leis de Kepler e prever a posição, a velocidade e a aceleração dos corpos celestes.

- Em 1798, o físico inglês Henry Cavendish (1731-1810) determinou experimentalmente o valor numérico da constante de proporcionalidade, G, da Lei da

Gravitação Universal, obtendo um valor muito próximo ao atual, que é, $6,67259 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$, ou simplesmente, $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

Tendo em vista o que foi descrito acima, a dedução da Lei da Gravitação Universal através da Primeira e Segunda Lei de Kepler é inviável para a linguagem matemática do Ensino Médio. Entretanto podemos fazer a dedução para o caso da trajetória circular usando a Terceira Lei de Kepler e a relação da aceleração centrípeta de Huygens e ao fazer isso estamos contemplando a Teoria de Ausubel e Novak no tocante a influenciar programaticamente a estrutura cognitiva do aluno⁷.

1.2.4 Demonstração da Lei da Gravitação Universal numa linguagem física e matemática no nível do Ensino Médio. Interpretação dinâmica das Leis de Kepler através dos Princípios de Isaac Newton

O movimento de um corpo depende do referencial escolhido. O movimento dos planetas é muito complexo, seja do ponto de vista de um referencial na superfície da Terra ou de um referencial no centro da Terra. Para um referencial centrado no Sol, ou seja, um referencial cuja origem é fixa em relação ao centro do Sol e cujos eixos são fixos em relação a estrelas distantes, o movimento do planeta fica bastante simplificado.

Modelo do Sistema Solar

1. O Sol e os planetas são tratados como partículas. Esta aproximação se justifica porque as distâncias entre o Sol e os planetas são muito maiores do que os seus tamanhos.
2. Cada planeta se move em torno do Sol segundo uma órbita circular. Embora as órbitas sejam elípticas, são quase circulares, os valores das excentricidades são próximos de zero. Esta aproximação nos permite utilizar a aceleração centrípeta (v^2 / R) em relação ao Sol, como aceleração relativa a um referencial inercial na segunda lei de Newton.
3. A única força significativa sobre um planeta é a força gravitacional exercida pelo Sol. Esta aproximação é justificada pela observação de que a órbita de cada planeta é essencialmente independente das posições dos outros planetas. Em razão de tal aproximação, usamos a força exercida pelo Sol sobre um planeta como resultante sobre o mesmo.

⁷ Ver p.17, processo programático para influenciar a estrutura cognitiva.

1º Suponha um planeta orbitando o Sol, descrevendo uma trajetória circular. Conforme visto na prática 01⁸ ao fazer tal hipótese não violamos a 1ª Lei de Kepler, visto que, a circunferência é um caso particular de uma elipse, ou seja, como:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (\text{eq. 1.9})$$

é a equação da elipse, se $a = b = r$, teremos:

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{y^2}{r^2} = 1 \quad (\text{eq. 1.10})$$

multiplicando por r^2 toda a (eq.1.10), teremos:

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (\text{eq.1.11})$$

ou seja uma circunferência de raio r . Observe as figuras 1.7 e 1.8.

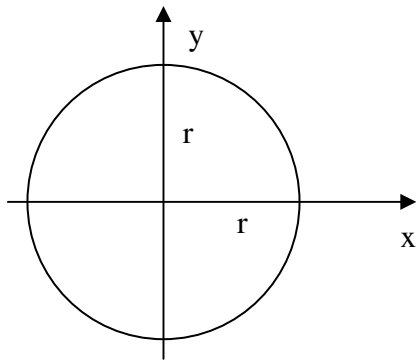


Fig. 1.7 Elipse de excentricidade nula.

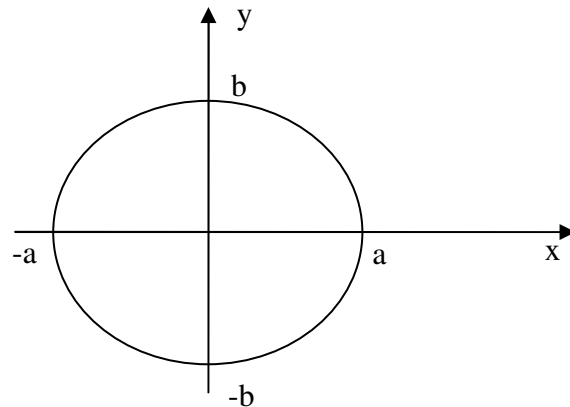


Fig. 1.8 Elipse de excentricidade $e < 1$.

2º Vamos agora mostrar que a força entre o Sol e o planeta é uma força central, ou seja, uma força que aponta na direção do vetor que liga os dois astros. Esta demonstração alternativa evita o uso de derivadas do momento angular para justificar a 2ª Lei de Kepler. Usaremos conhecimentos de Física e Matemática do ensino médio.

Suponha que o planeta em órbita circular possuísse aceleração tangencial \vec{a}_t . Logo, a aceleração escalar (α) seria diferente de zero, pois:

$$|\alpha| = \|\vec{a}_t\| \quad (\text{eq. 1.12})$$

O que acarretaria uma aceleração angular γ , visto que:

⁸ Ver apêndice A, p.135.

$$\gamma = \frac{\alpha}{r} \quad (\text{eq. 1.13})$$

onde r é o raio da órbita. Suponha para efeito de simplificação que aceleração escalar instantânea seja constante, ou seja, um movimento uniformemente variado (MCUV), logo a aceleração angular instantânea também será. Vamos agora através de um exercício mostrar que esta aceleração tangencial não pode ocorrer numa trajetória circular. Ou seja, que a aceleração é totalmente centrípeta, a força resultante é centrípeta, ou melhor, neste caso, a força é central.

Prob. Suponha que no instante $t_0 = 0$, o planeta se encontre a 1 ua (unidade astronômica – raio médio da órbita da Terra) e na posição $\varphi_0 = 0$, onde φ é o ângulo que o vetor posição do planeta, em relação ao Sol, faz com o eixo x . Suponha também que sua velocidade angular inicial seja $(\pi/6)$ rad/mês e sua aceleração angular seja $(\pi/12)$ rad/mês². Com essas informações:

- a) Escreva a função horária do espaço angular, onde φ é dado em radianos e t em meses;
Resp. Como a aceleração angular é constante temos:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2 \quad (\text{eq. 1.14})$$

substituindo os valores na eq. 1.14, teremos:

$$\varphi = \frac{\pi}{6} \cdot t + \frac{\pi}{24} \cdot t^2 \quad (\text{eq. 1.15})$$

- b) Complete a tabela abaixo;

Tabela 1.2.4.1 – Comportamento da velocidade areolar no MCVU.

t (meses)	φ (radianos)	$\Delta\varphi_{if} = \varphi_f - \varphi_i$ (rad)	$A_{if} [(ua)^2]$	V_{aif} [(ua) ² /mês]
$t_0 = 0$	$\varphi_0 = 0$	-----	-----	-----
$t_1 = 1$	$\varphi_1 = 5\pi/24$	$\Delta\varphi_{01} = 5\pi/24$	$A_{01} = 5\pi/48$	$V_{a01} = 5\pi/48$
$t_2 = 2$	$\varphi_2 = 12\pi/24$	$\Delta\varphi_{12} = 7\pi/24$	$A_{12} = 7\pi/48$	$V_{a12} = 7\pi/48$
$t_3 = 3$	$\varphi_3 = 21\pi/24$	$\Delta\varphi_{23} = 9\pi/24$	$A_{23} = 9\pi/48$	$V_{a23} = 9\pi/48$
$t_4 = 4$	$\varphi_4 = 32\pi/24$	$\Delta\varphi_{34} = 11\pi/24$	$A_{34} = 11\pi/48$	$V_{a34} = 11\pi/48$
$t_5 = 5$	$\varphi_5 = 45\pi/24$	$\Delta\varphi_{45} = 13\pi/24$	$A_{45} = 13\pi/48$	$V_{a45} = 13\pi/48$

- c) O que acontece com a variação do espaço angular com o passar do tempo, mesmo mantendo o intervalo de tempo constante de 1 mês.

Dado: 1 ua (unidade astronômica) = $1,49 \cdot 10^{11}$ m.

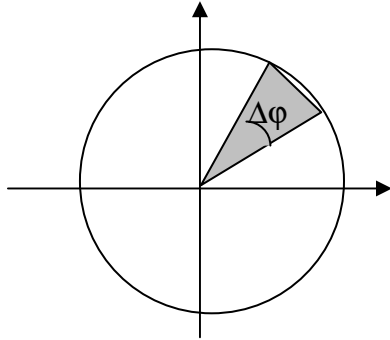


Fig.1.9 Área de um setor circular

“Após o preenchimento da tabela 1.2.4.1. O aluno poderá verificar que, $\Delta\varphi$ não se manteve constante para o mesmo intervalo de tempo que neste exemplo foi de $\Delta t = 1$ mês. Por sua vez, sabemos que, a área de um setor circular depende do ângulo $\Delta\varphi$, ou seja:

$$A_{if} = \frac{\Delta\varphi_{if} \cdot r^2}{2} \quad (\text{eq. 1.16})$$

Logo se $\Delta\varphi$ na fig. 1.9 não for constante para o mesmo intervalo de tempo, teremos que a área varrida pelo vetor posição do planeta em relação ao Sol será diferente. A última coluna mostrará ao aluno que a velocidade areolar, definida por:

$$V_{a_{if}} = \frac{A_{if}}{\Delta t} \quad (\text{eq.1.17})$$

não é constante, o que viola a 2ª Lei de Kepler”.

Prob. 02. Mostre que se um planeta descrevesse um MCUV em torno do Sol a velocidade areolar seria dada por:

$$V_a = \frac{(\omega_o + \gamma t + \frac{1}{2} \gamma \Delta t) r^2}{2} \quad (\text{eq.1.18})$$

onde t é instante inicial do intervalo Δt .

Resp. Sabemos que:

$$V_a = \frac{A}{\Delta t} \quad (\text{eq. 1.19})$$

onde a área A do setor circular é dada por:

$$A = \frac{r^2}{2} \cdot \Delta\varphi \quad (\text{eq.1.20})$$

Por sua vez como o movimento é circular e uniformemente variado temos que o espaço angular para o instante final será dado por:

$$\varphi_f = \varphi_o + \omega_o t_f + \frac{1}{2} \gamma t_f^2 \quad (\text{eq. 1.21})$$

e para o instante inicial, o espaço angular inicial será:

$$\varphi_i = \varphi_o + \omega_o t_i + \frac{1}{2} \gamma t_i^2 \quad (\text{eq. 1.22})$$

Sendo assim a variação do espaço angular será dada por:

$$\Delta\varphi = \omega_o \Delta t + \frac{1}{2} \gamma \Delta t (t_f + t_i) \quad (\text{eq.1.23})$$

Logo a velocidade areolar no MCUV será dada por:

$$V_a = \frac{\frac{r^2}{2} \cdot \left[\omega_o \Delta t + \frac{1}{2} \gamma \Delta t (t_f + t_i) \right]}{\Delta t} \quad (\text{eq. 1.24})$$

Logo:

$$V_a = \frac{r^2}{2} \cdot \left[\omega_o + \frac{1}{2} \gamma (t_f + t_i) \right] \quad (\text{eq.1.25})$$

Substituindo $t_i = t$ e $t_f = t + \Delta t$ na equação teremos:

$$V_a = \frac{r^2}{2} \cdot \left[\omega_o + \gamma t + \frac{1}{2} \gamma \Delta t \right] \quad (\text{eq.1.26})$$

Logo após realizar esses exercícios, o aluno poderá concluir que para a área permanecer constante para o mesmo intervalo de tempo, $\Delta\varphi$ terá que permanecer constante e isso só ocorrerá se não houver aceleração angular. Ou melhor, para que a velocidade areolar se mantenha constante é necessário que a aceleração angular seja nula, no caso da trajetória circular. Sendo assim não teremos aceleração escalar, logo a aceleração tangencial é nula e conseqüentemente toda aceleração é centrípeta. Ou seja, a força resultante é centrípeta. Como a trajetória é circular a força entre o Sol e o planeta é central.

3º Suponha um planeta descrevendo uma trajetória circular de raio r , fig.1.10, em torno do Sol.

$$\begin{aligned} \vec{F}_{Rp} &= \vec{F}_{Sp} \therefore \vec{F}_{Rp} = \vec{F}_c \rightarrow \vec{F}_c = \vec{F}_{Sp} \\ \vec{F}_c &= F_{Sp} \therefore m_p \cdot \omega^2 \cdot r = F_{Sp}, \text{ por sua} \\ \text{vez } \omega &= \frac{2\pi}{T}, \text{ logo: } F_{Sp} = \frac{4\pi^2 \cdot m_p \cdot r}{T_p^2} \end{aligned}$$

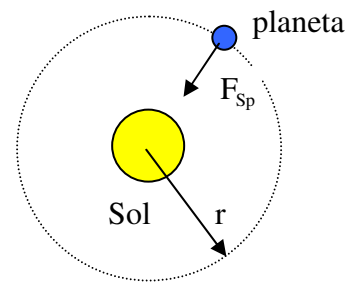


Fig. 1.10 Planeta orbitando o Sol

Da 3ª Lei de Kepler temos:

$$\frac{r^3}{T_p^2} = K_p \Rightarrow T_p^2 = \frac{r^3}{K_p} \quad (\text{eq. 1.27})$$

sendo assim, substituindo na expressão da força do Sol sobre o planeta teremos:

$$F_{Sp} = \frac{4.\pi^2 .m_p .r}{\frac{r^3}{K_p}} \Rightarrow F_{Sp} = \frac{4.\pi^2 .K_p .m_p}{r^2}$$

Vemos assim, que a força do Sol sobre o planeta é diretamente proporcional a massa do planeta e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o Sol e o planeta, ou seja:

$$F_{Sp} = \frac{C_p .m_p}{r^2}, \text{ onde } C_p = 4.\pi^2 .K_p \quad (\text{eq.1.28})$$

Por sua vez, para um referencial colocado no planeta, fig.1.11, o Sol descreve uma órbita circular em torno do planeta, conforme figura ao lado. Logo aplicando as Leis de Newton para o movimento do Sol teremos:

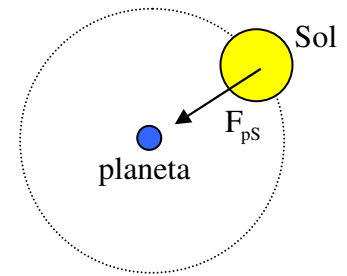


Fig. 1.11 Movimento do Sol para um referencial fixo no centro da Terra.

$$\overset{\omega}{F}_{RS} = \overset{\omega}{F}_{pS} \therefore \overset{p}{F}_{RS} = \overset{p}{F}_c, \text{ daí podemos dizer que } \overset{p}{F}_{pS} = \overset{p}{F}_c, \text{ logo: } F_{pS} = F_c \Rightarrow F_{pS} = M_s . \omega_s^2 . r, \text{ onde}$$

$$\omega_s = \frac{2\pi}{T_s}, \text{ logo: } F_{pS} = \frac{4.\pi^2 .M_s .r}{T_s^2}, \text{ aplicando a 3ª Lei de Kepler temos: } \frac{r^3}{T_s^2} = K_s \Rightarrow T_s^2 = \frac{r^3}{K_s}$$

Logo a força que o planeta exerce sobre o Sol será dada por:

$$F_{pS} = \frac{M_s . 4\pi^2 . r}{\frac{r^3}{K_s}}$$

Fazendo:

$$4\pi^2 .K_s = C_s, \text{ teremos: } F_{pS} = \frac{C_s . M_s}{r^2} \quad (\text{eq.1.29})$$

daí, concluímos que a força do planeta sobre o Sol é diretamente proporcional a massa do Sol e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o Sol e o planeta.

4º Aplicando a 3ª Lei de Newton teremos:

$$\overset{p}{F}_{Sp} = -\overset{p}{F}_{pS} \Rightarrow F_{Sp} = F_{pS} \Rightarrow \frac{C_p . m_p}{r^2} = \frac{C_s . M_s}{r^2} \Rightarrow C_p . m_p = C_s . M_s \Rightarrow \frac{C_p}{M_s} = \frac{C_s}{m_p} = \text{cte},$$

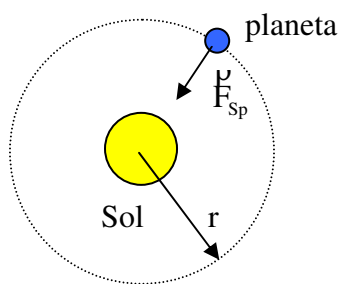
esta constante de proporcionalidade será chamada de constante da Gravitação Universal e será representada pela letra G. Ou seja:

$$\frac{C_p}{M_s} = \frac{C_s}{m_p} = G \quad (\text{eq.1.30})$$

Logo, a força de atração do planeta sobre e do Sol sobre planeta serão respectivamente:

$$F_{ps} = \frac{G \cdot m_p \cdot M_s}{r^2} \text{ e } F_{sp} = \frac{G \cdot M_s \cdot m_p}{r^2} \quad (\text{eq.1.31})$$

Conclusão: A força de atração entre o Sol e o planeta é chamada de força gravitacional e será representada por \vec{F}_g . As características de \vec{F}_g , são:



a) Direção e sentido

Da reta que passa pelos centros de massa dos dois astros. E o sentido da força é de atração entre os corpos;

b) Módulo de \vec{F}_g , é dado por:

$$F_g = \frac{G \cdot M_s \cdot m_p}{r^2} \quad (\text{eq.1.32})$$

Onde r é distância de centro a centro dos astros.

Fig. 1.12 Movimento do planeta para um referencial inercial no Sol.

Na 3ª parte da fundamentação teórica falaremos dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Física, cujo objetivo é mostrar o direcionamento da seqüência didática proposta na pesquisa com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação que indica que o ensino deve estar voltado para desenvolver competências e habilidades.

1.3- Lei de Diretrizes e Bases da Educação e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

Em 1999 o Ministério da Educação e Cultura divulgou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Esses documentos contêm as orientações para a reforma do ensino médio, um processo iniciado pelo MEC em 1997 e que se destina a transformar profundamente a face desse segmento do ensino brasileiro.

A reforma curricular do ensino médio estabelece ainda a divisão do conhecimento escolar em três áreas – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais procuram definir de forma clara e objetiva como adequar o aprendizado das disciplinas da área a esses pressupostos, tanto do ponto de vista comum a todas as disciplinas como de cada uma em particular, com proposições orientadoras para o aprendizado de cada disciplina.

O aprendizado em Ciências e Matemática, iniciado no ensino fundamental, deve aprofundar-se e complementar-se no ensino médio.

No ensino médio, os objetivos educacionais devem seguir duas grandes vertentes que se desenvolve paralela e concomitantemente. Na primeira deve buscar *o aprofundamento dos saberes disciplinares específicos*; na segunda, deve buscar *a articulação interdisciplinar desses saberes*.

A Física, ciência que sistematiza as propriedades gerais da matéria, fornece instrumentais e linguagens que são incorporados pelas demais ciências. Inúmeras tecnologias contemporâneas são diretamente associadas ao conhecimento físico, de modo que um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende os domínios disciplinares estritos. Essas relações disciplinares não se restringem às disciplinas da área.

Após ter analisado os trinta e quatro parágrafos dos PCN sobre Conhecimentos e Ensino de Física,⁹ emitiremos alguns comentários sobre os PCN, a Gravitação Universal e o uso da dedução como metodologia para se conseguir uma aprendizagem significativa:

- Concordamos que a Física é uma ciência que estuda desde a natureza das partículas elementares até o movimento das galáxias, estuda o micro e o macro. A Tecnologia atual é o legado da Física Clássica e da Física Moderna, desde a produção de energia nuclear, fibra ótica, navios, aviões, telefone celulares, etc.
- A Física está incorporada no dia a dia do cidadão comum, através, dos instrumentos tecnológicos que ele utiliza, ex: relógio, telefone celular, computadores, forno de microondas, televisão, etc.
- É necessário que o ensino de Física não esteja desvinculado da preparação do aprendiz para entender todo esse mundo Tecnológico que o cerca.

⁹ Ver os PCN para Física.

- O tema Gravitação Universal contempla os PCN, pois, ao compreender a dinâmica de Newton da Gravitação Universal, o aluno poderá entender a estabilidade do movimento da Lua em torno da Terra, a estabilidade do movimento de uma estação orbital, perceber a importância dos satélites geoestacionários para os meios de comunicação. Compreender que a evolução do conhecimento humano é contínua.
- O capítulo da Gravitação Universal ou a Gravitação Universal ajuda ao aluno a perceber as quebras de paradigmas, que o conhecimento humano não é algo estacionário, acabado, absoluto. Levamos aproximadamente dezessete séculos d.C para romper com a Física sub-lunar e supra-lunar de Aristóteles. Levamos aproximadamente duzentos e dezoito anos para perceber que a Física Clássica não explicava tudo, ou seja, não era “O conhecimento Absoluto”. Em 1905, Einstein quebra o paradigma da Física Clássica ao dizer que o tempo e o espaço não são grandezas absolutas, ou seja, dependem dos referenciais em que são medidos. Físicos como Planck, Einstein, Bohr e outros desenvolveram no final do século XIX e no início do século XX a Física Moderna, sem ter que enfrentar Tribunais, fogueiras ou prisão domiciliar.
- O surgimento da Física Moderna foi menos traumática para a humanidade do que a mudança da Física de Aristóteles para a Física de Newton.
- O ensino de Física tem de mostrar ao aprendiz que todo esse aparato tecnológico atual é fruto de uma construção coletiva, que a Física está no contexto de sua época. Que graça a ela é que temos esse atual paradigma. Logo, o ensino de Física deve também tratar de questões sobre a história do desenvolvimento do conhecimento humano. Vemos assim, que deve haver uma maior articulação entre o ensino de Física e o ensino de Filosofia, e o tema Gravitação Universal é o mais indicado para isso.
- Concordamos com o 4º parágrafo “O ensino de Física tem-se realizado ...”. A mudança dessa situação deve partir da academia, ao implantar mudanças na forma de selecionar os alunos nos ingressos nas Universidades. Pois, se o vestibular não mudar, a educação bancária, a aprendizagem por recepção mecânica ou memorizada, continuará a prevalecer no Ensino Médio. A preparação para o teste do vestibular continuará sendo mais importante do que esperar que o aluno construa o conhecimento e que ele perceba que o conhecimento é uma construção coletiva.
- Quanto ao 5º parágrafo discordamos. O ensino hoje também é propedêutico, o que há de diferença é que naquela época a Escola Pública tinha qualidade, a escola privada era rotulada de “pagou passou”. Na Escola Pública havia um maior controle da

aprovação do aprendiz. A aprovação era um mérito do aluno e não algo banal como é hoje onde quase ninguém é reprovado, não porque são excelentes alunos e sim porque são falseadas essas aprovações sem méritos, o que levou o ensino brasileiro ao péssimo nível que está hoje. Os resultados de avaliações internacionais mostram isso. Fazer o admissão ao ginásio, o ginásio, o científico eram etapas que para serem vencidas nas escolas públicas exigiam dos alunos dedicação aos estudos. O atual ensino médio era dividido por áreas de interesses:

- ✓ O Clássico, para aqueles que iriam seguir as carreiras das ciências humanas;
- ✓ O Técnico, para aqueles que iriam ser técnicos de nível médio para trabalhar nas indústrias.
- ✓ O científico, para aqueles que iriam para Universidades fazer Engenharia ou Medicina.

Logo se podia exigir uma maior dedicação dos alunos em Física, Matemática, Química e Biologia, para aqueles que estavam no Científico.

- Quando o povo teve acesso à escola pública, os investimentos e a qualidade foram gradualmente caindo. O poder aquisitivo do professor foi diminuindo, a classe média migrou para escola privada. O conhecimento agora virou um produto a ser adquirido na escola privada. Surgem os cursinhos integrados, maneira da escola privada de ganhar mais dinheiro, dar o conteúdo sem exigir do aluno que ele mostre o que aprendeu. Apesar de tudo isso, o ensino também era descontextualizado, as aulas em sua grande maioria também eram expositiva, com uma forte tendência para a resolução de exercícios por parte do professor.
- Para contemplar o 7º parágrafo, ou seja, para fazer tais mudanças é necessário redefinir qual o objetivo da Escola. Pois enquanto perdurar os vestibulares de questões tipo teste (X), descontextualizados do cotidiano do aluno, será difícil adotar essa metodologia, pois os alunos e a sociedade são imediatistas. Pois, tal metodologia é mais lenta, exige mais tempo, dificilmente o programa cobrado no vestibular seria visto. A proposta é interessante, mas, não é viável devido ao imediatismo da sociedade. O ensino focado na aprendizagem por descoberta significativa e na aprendizagem por recepção significativa são processos pedagógicos mais lentos, porém teríamos um maior certeza no desenvolvimento das habilidades e competências que os PCN indicam como objetivo maior do ensino. O pouco tempo de atividade escolar e o imediatismo dos alunos, professores e escola, dificultam a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

- Não concordamos com o 22º parágrafo, pois fere os princípios programáticos da Física. Ensinar Física elétrica tem um contexto diferente do que ensinar eletricidade para formar técnicos de rádio e televisão. Ensinar eletricidade começando por eletrodinâmica é quebrar com articulação com a Mecânica, é quebrar com a coluna mestre da disciplina Física que é a Mecânica. A relação de causa e efeito será quebrada. Haveria mais memorização, seria até menos cansativo para o professor ensinar!
- Contemplamos os outros parágrafos e lembramos que para que haja uma aprendizagem significativa a disciplina tem de ser trabalhada de maneira a respeitar as hierarquias dos princípios e principalmente que a estrutura cognitiva do aprendiz tenha os conceitos subsunçores para servir de ancoras para os novos conhecimentos.

Quanto à pesquisa sobre a seqüência didática que deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal, temos como argumento que o uso de organizadores prévios e o método de dedução das leis físicas estão de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak, e com os *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, pois tal seqüência didática, baseada em demonstração, poderá levar o aluno a desenvolver as seguintes *competências e habilidades*:

a) *Em relação à representação e comunicação:*

- *Utilizar as tecnologias básicas de produção de texto e informação, como computadores.*

Esta competência estará sendo trabalhada no momento da confecção dos relatórios das práticas sobre elipses e 1ª, 2ª e 3ª Leis de Kepler, e na preparação dos textos e apresentações dos seminários sobre Mecanicismo e sobre as biografias de Newton, Kepler, Galileu, Copérnico, Tycho Brahe, Ptolomeu e Aristóteles.

- *Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.*

Estas competências estarão sendo trabalhadas quando o mesmo estiver executando a 1ª e 2ª prática sobre: elipses, circunferências, 1ª e 2ª Leis de Kepler.

- *Conhecer, identificar, aplicar e analisar conhecimento sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações, interpolações e interpretações.*

Estas competências estarão sendo trabalhadas quando o mesmo estiver fazendo as práticas sobre a 1ª, 2ª e 3ª Leis de Kepler.

b) Em relação à investigação e compreensão:

- *Formular hipóteses e prever resultados.*
- *Desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais.*

Estas competências estarão sendo trabalhadas no momento da dedução da Lei da Gravitação Universal e na aplicação de exercícios sobre os movimentos dos astros e dos satélites artificiais.

- *Fazer uso dos conhecimentos da Física para explicar o mundo natural e para planejar e avaliar intervenções práticas;*
- *Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.*

Estas competências serão trabalhadas debatendo situações-problema como exemplo: A importância da Base de Lançamentos de Foguetes em Alcântara, para o desenvolvimento da Tecnologia do País, pois pode tornar o País independente dos países do 1º mundo, no que tange a tecnologia de foguetes, mísseis e satélites artificiais e principalmente pelos menores custos de lançamento, pois se gasta menos energia e dinheiro quando o foguete é lançado da linha do Equador. Ou seja, podemos articular o tema com questões de geopolítica e economia.

c) Em relação à contextualização sócio-cultural:

- *Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.*
- *Reconhecer o sentido Histórico, das Ciências e das Tecnologias, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.*

Essas competências estarão sendo trabalhadas através de seminários sobre Mecanicismo e sobre as biografias de: Ptolomeu, Copérnico, Galileu, Tycho Brahe, Kepler e Newton, fazendo um apanhado histórico sobre a evolução do modelo do Sistema Solar. Ou seja, quando a humanidade deixa o paradigma Aristotélico (Sistema Geocêntrico) e adota o Sistema Copernicano (Sistema Heliocêntrico).

Usaremos como metodologia de pesquisa a Abordagem Qualitativa ou Método Qualitativo de Pesquisa, pois como vamos pesquisar em educação, não devemos empregar dados estatísticos como centro de análise de um problema. Pois, conforme Dilthey¹⁰, os fenômenos humanos e sociais são muito complexos e dinâmicos, o que torna quase impossível o estabelecimento de leis gerais como na Física e na Biologia. Para Dilthey os fenômenos humanos e sociais devem ser investigados numa perspectiva hermenêutica, que se preocupa com a interpretação dos significados contidos num texto ou discurso, levando em conta cada mensagem desse texto e suas inter-relações (ANDRÉ, 1995).

1.4- Fundamentação da metodologia

Numa pesquisa qualitativa não há pretensão de enumerar ou medir unidades ou categorias homogêneas.

Goode e Hatt são enfáticos em afirmar que a pesquisa moderna deve rejeitar como falsa dicotomia, a separação entre estudos qualitativos e quantitativos ou entre ponto de vista estatísticos e não estatísticos, em virtude de que, não existe importância com relação à precisão das medidas, uma vez que, o que é medido continua a ser uma qualidade (GOODE e HATT, 1986, apud Oliveira, 2000).

Usando critérios, categorias, escalas de atitudes ou, ainda, identificar com que intensidade, ou grau; um determinado conceito, uma opinião, um comportamento se manifesta, os pesquisadores transformam dados qualitativos em quantitativos.¹¹

¹⁰ Wilhelm Dilthey (1833-1911), filósofo alemão. Em 1883, publicou “Introdução às Ciências do Espírito” no qual esboça o método historicista, que propõe a compreensão relativista do passado como meio de compreender o presente e o pensamento humano em geral.

¹¹ Ver categorização do questionário aplicado aos professores p. 67.

Segundo Boyd, Lebert, Hoffmann e outros, os imperativos pela quantificação dos resultados criam barreiras no modo de coletar os dados, comprometendo dessa forma, em partes, os objetivos que se pretende atingir. A forma ou nível de complexidade em que alguns dados se situam torna-os quase impossíveis de serem apresentados com exatidão e a própria medida, em si, passa a ser relativa (GOODE e HATT, 1986, apud Oliveira, 2000).

Existem domínios quantificáveis e outros qualificáveis. O sentido prioritário depende, conseqüentemente, da natureza do problema, suas causas e seus efeitos e do material que os métodos permitem calcular.

A pesquisa qualitativa tem como objetivos situações complexas ou estritamente particulares.

As pesquisas que se utilizam da abordagem qualitativa possuem a facilidade de poder descrever a complexidade de uma determinada hipótese ou problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuição no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos (GOODE e HATT, 1986, apud Oliveira, 2000).

Segundo Oliveira (2000) existem situações de pesquisas que envolvem *conotações qualitativas*, na opinião de vários cientistas sociais, em pelo menos três aspectos:

1. Situações em que evidenciam, a necessidade de substituir uma simples informação estatística por dados qualitativos. Isto se aplica, principalmente, quando se trata de investigação sobre fatos do passado ou estudos referentes a grupos dos quais se dispõe de poucas informações.
2. Situações em que observações qualitativas são como indicadores do funcionamento de estruturas sociais.
3. Situações em que se manifesta a importância de uma abordagem qualitativa para efeito de compreender aspectos psicológicos, cujos dados não podem ser coletados de modo completo por outros métodos devido à complexidade que envolve a pesquisa. Neste caso, temos estudos dirigidos, a análise de atitudes, motivações, expectativas, valores e opiniões, etc.

A metodologia adotada na pesquisa contempla dois diferentes tipos de abordagens qualitativas: estudo de caso etnográfico e pesquisa-ação.

O estudo de caso é o estudo de um caso, seja ele simples e específico, como de um professor e sua metodologia, ou complexo e abstrato, como o das turmas de 3^{os} anos do Ensino Médio.

A nossa pesquisa tem esse aspecto de estudo de caso etnográfico, pois, visa analisar as impressões dos alunos das duas turmas dos terceiros anos do Colégio de Aplicação da UFPE quanto ao uso da seqüência didática que deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal no Ensino Médio. O professor-pesquisador conviveu quatro anos com a turma, e ao longo desse tempo trabalhou com uma metodologia de ensino focada em deduções e foi por isso que as duas turmas foram escolhidas para se testar a seqüência didática. Acompanhou o desenvolvimento escolar dos alunos e conhece o perfil cognitivo no tocante aos conhecimentos da Física.

Quanto ao aspecto de pesquisa-ação, é pelo fato, de que esta pesquisa possa mostrar aos professores pesquisados e outros, que é possível fazer no Ensino Médio a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal e com isso, tornar essa dedução algo do cotidiano pedagógico do professor quando da abordagem da Gravitação Universal.

Dentro da pesquisa qualitativa enfatizamos, estudos do tipo etnográficos, que se caracterizam principalmente por:

- ✓ Fazer uso de técnicas tradicionalmente associadas à etnografia como: a observação participante onde o pesquisador tem sempre um grau de interação com a situação estudada, afetando-a e sendo afetada por ela; a entrevista, que permite um maior aprofundamento das informações obtidas e a análise de documentos, usados no sentido de contextualizar o fenômeno, explicitar suas vinculações mais profundas e completar as informações coletadas através de outras fontes;
- ✓ O pesquisador é o instrumento principal na coleta e na análise dos dados. O fato de ser uma pessoa o põe numa posição bem diferente de outros tipos de instrumentos, permitindo que responda ativamente às circunstâncias que o cercam;
- ✓ A preocupação com o processo é muito maior do que o produto ou nos resultados finais. O interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas;

- ✓ Supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, através do trabalho intensivo de campo, ou seja, tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e os pesquisados como seu principal instrumento.

Outras características importantes na pesquisa etnográfica são a descrição e a indução. O material obtido nessas pesquisas é rico em dados descritíveis; situações, pessoas, ambientes, depoimentos, diálogo, fotografias, desenhos. Citações são frequentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista.

Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses antes do início dos estudos. O que esse tipo de pesquisa visa é a descoberta de novos conceitos, novas relações, novas formas de entendimento da realidade (ANDRÉ, 1995).

Dentro dessa perspectiva, aparece um outro tipo de investigação: o Estudo de Caso.

Dentro de uma concepção bastante estrita, o estudo de caso aparece a muitos anos nos livros de metodologia da pesquisa educacional, ou seja, o estudo descritivo de uma unidade, seja uma escola, um professor, um aluno ou uma sala de aula.

No entanto, segundo André (1995), o estudo de caso etnográfico, surgiu recentemente na literatura educacional numa acepção bem clara: a aplicação da abordagem etnográfica ao estudo de um caso. Antes de tudo, para que seja reconhecido como um estudo de caso etnográfico é preciso que atenda aos princípios básicos da etnografia, além de ser um sistema com limites bem definidos, delimitado.

Segundo Goode e Hatt (1968, p.17), o caso se destaca por se constituir numa unidade dentro de um sistema mais amplo. O interesse, portanto, incide naquilo que ele tem de único, de particular, no entanto, isso não impede que o pesquisador esteja atento ao seu contexto e à sua dinâmica como um processo, uma unidade em ação.

Ainda associada a abordagem qualitativa enfatizamos a *pesquisa-ação*. Segundo (Serrano, 1994,apud André) “Diversos autores reconhecem Kurt Lewin como o criador

dessa linha de investigação, *onde pretendia conseguir mudanças em atitudes e comportamentos dos indivíduos*”.

Na década de 1950, os livros de pesquisas descrevem essa metodologia, denominada de investigação, como uma ação sistemática e controlada desenvolvida pelo próprio pesquisador. Um exemplo clássico é o professor que decide fazer uma mudança na sua prática docente e acompanha com um planejamento de intervenção, coleta sistemática dos dados, análise fundamentada na literatura pertinente o relato dos resultados (ANDRÉ, 1995).

Essa pesquisa procurou contemplar o conhecimento específico da Física “Gravitação Universal”, a teoria da aprendizagem “Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak” e a fundamentação da Metodologia.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA

A pesquisa foi aplicada a duas turmas de 3ª série do ensino médio do Colégio de Aplicação da UFPE ano 2004; a dezoito (18) professores de Física da rede pública e privada e consistiu também na análise de nove livros-texto de Física do ensino médio.

METODOLOGIA

A seqüência didática desenvolvida pelo projeto consistiu:

- 2.1 De um pré-teste para verificar se os conceitos subsunçores (conceitos da cinemática escalar e vetorial, conceitos da geometria euclidiana, princípios da mecânica de Newton) necessários para o entendimento da demonstração, já estão ou não na estrutura cognitiva do aluno. Duração de uma aula;
- 2.2 Na apresentação de filmes, sobre as vidas de Kepler e de Newton, slides sobre Astronomia e textos sobre a evolução histórica do modelo do sistema solar. *Tais atividades foram usadas como organizadores prévios.* Duração de três aulas;
- 2.3 Em aula experimental, na qual os alunos construíram elipses e fizeram relatórios sobre as propriedades das elipses tais como: excentricidade; coordenadas dos focos; eixo maior, eixo menor. Foi pedido também aos alunos: as deduções sobre a equação reduzida da elipse, a equação polar da elipse, relacionar raio médio com o eixo maior, etc. Duração duas aulas;
- 2.4 Na apresentação de uma tarefa que consistiu em calcular velocidade areolar em movimento circular uniformemente variado (MCUV);
- 2.5 Na análise de uma tabela com informações sobre as distâncias afélio e periélio de cada planeta do sistema solar, período de translação dos planetas, onde os alunos calcularam o raio médio da órbita de cada planeta, calcularam a aceleração centrípeta de cada planeta para inferir, através da observação das regularidades dos dados obtidos para completar a tabela, à 3ª lei de Kepler.

Os objetivos destas práticas eram de que o aluno criasse na sua estrutura cognitiva, os conceitos subsunçores para a 1ª, 2ª e 3ª lei de Kepler, através de uma aprendizagem por

descoberta significativa, ao invés de uma aprendizagem por recepção mecânica como geralmente é feita. Foi dado um prazo de duas semanas para que os alunos em equipes entregassem os relatórios das práticas.

- 2.6 Após a análise do pré-teste e dos relatórios, verificando que, a maioria dos alunos apresenta tais conhecimentos prévios, é que, a dedução propriamente dita foi feita, numa linguagem Física e Matemática no nível do ensino médio, caso contrário teríamos que rever as estratégias, para que se construísse na estrutura cognitiva, conceitos subsunçores. Duração duas aulas;
- 2.7 Foi elaborado um *questionário para os professores* a fim de analisar as seqüências didáticas adotadas por eles sobre a lei de Newton da Gravitação Universal.
- 2.8 Foram analisados 10 (dez) livros - textos, das editoras que têm representantes no Estado de Pernambuco, quanto ao aspecto da demonstração da Lei da Gravitação Universal.
- 2.9 Foram *assistidas oito aulas de três professores* para observar as seqüências didáticas adotadas, especialmente com referência à utilização ou não da demonstração da Lei de Newton da Gravitação Universal.
- 2.10 Foram dadas duas *aulas expositivas* para cada turma, onde demonstração da lei de Newton da Gravitação Universal foi feita, *usando a aprendizagem por recepção significativa ou compreendida de Ausubel.*
- 2.11 Foram aplicados questionários com os alunos sobre a importância ou não da demonstração no ensino de Física, como estratégia didática para que ocorra uma aprendizagem significativa.
- 2.12 Foram *aplicados pós-testes* para avaliar se ocorreu ou não aprendizagem significativa.

CAPÍTULO 3
CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3. CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo mostraremos a categorização e análises dos resultados obtidos dos pré e pós-testes aplicados aos alunos com o objetivo de identificar se os mesmos detinham em suas estruturas cognitivas subsunçores para aprender a Lei de Newton da Gravitação Universal de maneira significativa.

3.1 Categorização e Análise do Pré e Pós-Testes

Do total de 46 alunos da 3ª série do CAP-UFPE-2004, 21 alunos participaram do pré e pós-teste.

Os resultados de cada questão serão apresentados através de uma tabela, em que a 1ª coluna representa as opções da questão, os números na 2ª e 3ª colunas indicam a contagem de alunos que marcaram cada opção no pré e pós-testes respectivamente, a linha em tarja verde indica a opção correta e de um gráfico estilo coluna dupla que mostra as distribuições das respostas tanto no pré como no pós-testes. A opção f foi acrescentada para efeito de análise estatística.

01. A área de um círculo de raio R é dada por:

- a) $2 \pi R$
- b) $2 \pi R^2$
- c) πR^2
- d) $(\pi R^2)/2$
- e) $4 \pi R^2$
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

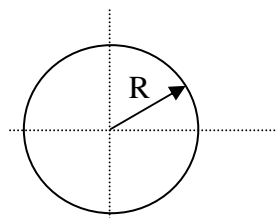


Fig. 3.1 – Círculo de raio R.

Tabela 3.1.1 - Resultados da 1ª questão

OPÇÕES	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	0	1
b	2	1
c	19	19
d	0	0
e	0	0
f	0	0

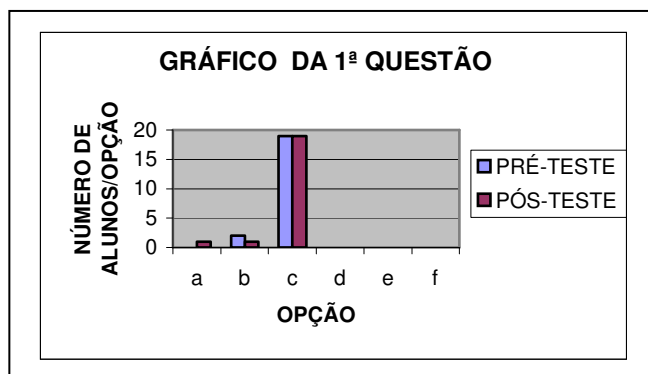


Fig. 3.2 – Gráfico da 1ª questão.

O objetivo da questão é saber se o aluno identifica a fórmula da área de um círculo, já que vamos trabalhar com velocidade areolar e trajetória circular.

A resposta correta é a letra (c). No pré-teste dezenove alunos marcaram a opção correta e no pós-teste dezenove alunos também marcaram a opção correta. No pré-teste dois alunos marcaram a letra (b), os fatores 2π que aparece no comprimento da circunferência devem tê-los confundidos. No pós-teste um aluno marcou a letra (b) e outro marcou a letra (a) confundindo perímetro como área. O aluno nº 03 regrediu, mudou a opção c pela b. O aluno nº 01 evolui, mudou de b para c. O aluno nº 02 não evolui mudou de b para a.

O resultado mostra que os alunos tinham nas suas estruturas cognitivas subsunçores sobre área do círculo. O aluno nº 03, que regrediu da opção c para b, sempre teve dificuldades em Física, pouca participação nas aulas, apesar de ter feito o relatório sobre elipse, não fez os relatórios sobre velocidade areolar e gráficos para inferir a 3ª Lei de Kepler. O aluno nº 02 tinha sérias deficiências de pré-requisitos. Não participou da aula experimental para construir elipse e nem fez os relatórios das práticas 01, 02 e 03 da seqüência didática.

02. A relação entre o ângulo central θ , em radianos, o raio R da circunferência e o arco AB da mesma, é:

- a) $\theta = R \cdot (\text{arco AB})$
- b) $\theta = R / (\text{arco AB})$
- c) $\theta = 2 \cdot (\text{arco AB}) / R$
- d) $\theta = (\text{arco AB}) / R$
- e) $\theta = 2 \cdot R \cdot (\text{arco AB})$.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

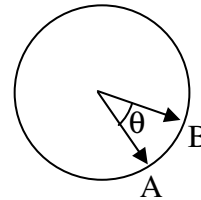


Fig. 3.3 – Arco de circunferência

Tabela 3.1.2 – Resultados da 2ª questão

OPÇÕES	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	1	2
b	0	3
c	2	2
d	7	10
e	1	0
f	10	4

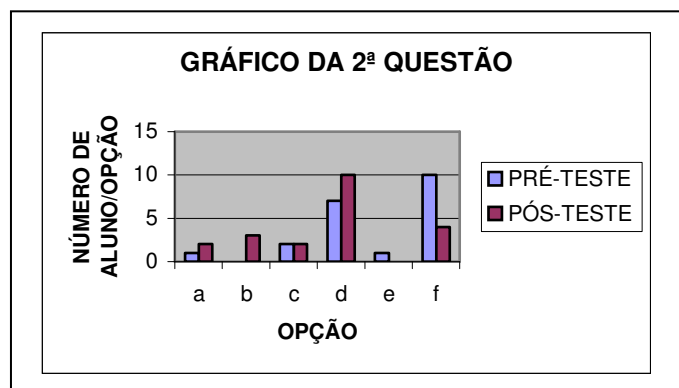


Fig. 3.4 – Gráfico da 2ª questão

O objetivo é verificar se o aluno sabe relacionar o comprimento de um arco de circunferência com o raio e o ângulo central, para poder associar com variação do espaço no cálculo da velocidade de translação de um planeta, quando analisamos o movimento nos pontos de afélio e periélio.

A resposta correta é a letra (d), sete alunos marcaram a opção no pré-teste e dez no pós-teste. Dois 02 alunos marcaram a opção (c) no pré-teste e dois no pós-teste, eles foram induzidos pelo número (2), devido ao comprimento da circunferência $2\pi R$. Um aluno marcou a letra (e) no pré-teste, novamente o número (2), pois faria uma relação com $2\pi R$ e também não tiveram a percepção da equação dimensional do ângulo central. Um aluno errou a questão na montagem da regra de três no pós-teste. No pré-teste um aluno marcou a opção (a) e no pós-teste dois alunos marcaram a opção, ou seja, não perceberam o erro na análise dimensional da equação. Outros três marcaram a opção (b) cometeram o erro na inversão entre numerador e denominador da equação do ângulo central. No pré-teste dez alunos não assinalaram nenhuma opção e no pós-teste quatro alunos deixaram em branco.

O aluno nº 13 evoluiu, mudou da opção f para d. O aluno nº 12 regrediu, mudou de d para b. O aluno de nº 11 não evoluiu mudou de f para b. O aluno de nº 10 evoluiu, mudou de f para d. O aluno de nº 08 evoluiu, mudou de f para d. O aluno de nº 07 não evoluiu, manteve a opção f. O aluno de nº 06 não evoluiu, manteve a opção f. O aluno de nº 05 regrediu, mudou de d para c. O aluno de nº 04 evoluiu, mudou de e para d. O aluno de nº 14 não evoluiu, mudou da opção a para b. O aluno de nº 17 evoluiu, mudou da opção f para d. O aluno de nº 18 não evoluiu, manteve a opção f. O aluno de nº 19 não evoluiu, mudou da opção f para a.. O aluno de nº 20 não evoluiu, manteve a opção f. O aluno de nº 21 regrediu, mudou da opção d para f. O aluno de nº 03 não evoluiu, mudou da opção f para a. O aluno de nº 02 evoluiu, mudou da opção c para d.

No pré-teste, 66,66% dos alunos não conseguiram identificar na sua estrutura cognitiva a relação entre arco, ângulo e raio. No pós-teste o número caiu para 47,61%. O percentual de erro é alto considerando que eles são alunos de 3º ano do ensino médio. 28,57% dos pesquisados evoluíram; 19,04% não mudaram de opção e nem evoluíram; 19,04% mudaram para outra opção errada e 14,28% regrediram trocaram da opção correta para outra errada. Dos seis que evoluíram, somente dois participaram das aulas práticas e entregaram todos os relatórios. Dos quatro que não evoluíram, dois participaram da atividade experimental, porém,

não fizeram os relatórios de pesquisa. Dos quatro alunos que mantiveram os erros, o aluno de nº 06 participou de todas as etapas, um aluno não entregou o relatório sobre velocidade areolar e dois não entregaram dois relatórios. Dos dois que regrediram, um aluno deixou de fazer o relatório sobre velocidade areolar. O outro não participava das aulas devido aos pré-requisitos e problemas de entrosamento com a turma.

Vemos assim que as atividades desenvolvidas não ajudaram aos alunos a desenvolverem nas suas estruturas cognitivas subsunçores neste conteúdo.

03. Qual a equação horária dos espaços, $S = f(t)$, de um movimento uniforme.

- a) $S = 4 + 10t + 5t^2$
- b) $S = 8 - 2t + 6t^2 + 4t^3$
- c) $S = 10 \cdot \cos(4\pi t + \pi)$
- d) $S = 10 \text{ m}$
- e) $S = 10 + 8t$
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro valor.

Tabela 3.1.3 – Resultados da 3ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	4	3
b	0	0
c	0	0
d	1	0
e	16	18
f	0	0

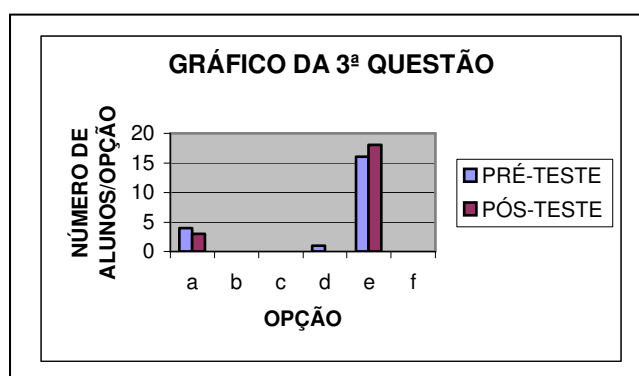


Fig. 3.5 – Gráfico da 3ª questão

O objetivo desta questão é verificar se o aluno sabe identificar a função horária do espaço do MU (movimento uniforme). Pois, em trajetória circular o movimento do planeta é um MCU (movimento circular e uniforme).

A resposta correta é a letra (e), 16 alunos no pré-teste marcaram a opção correta, no pós-teste 18 acertaram. No pré-teste 04 alunos marcaram a opção (a), confundiram a função horária do espaço do MUV (movimento uniformemente variado) com a função horária do espaço do MU (movimento uniforme), no pós-teste, 03 alunos cometeram o mesmo erro. No pré-teste, um

aluno marcou a opção (d), confundindo a função horária do espaço do MU com a posição de um corpo em repouso.

Na estrutura cognitiva desses alunos que cometeram tais erros, os conceitos e definições de MU e MUV não estão bem definidos, logo não há como relacionar os conceitos e definições com a função horária do espaço.

O aluno de nº 02 evoluiu, mudou de d para e. O aluno de nº 01 não evoluiu, manteve a opção a. O aluno de nº 05 não evoluiu, manteve a opção a. O aluno de nº 07 evoluiu, mudou da opção a para e. O aluno de nº 08 não evoluiu, manteve a opção.

04. Se chamarmos de (φ) o espaço angular, qual das equações abaixo melhor representa a função horária do espaço angular de um Movimento Circular Uniforme (MCU).

- a) $\varphi = 4\pi + 2\pi t$
- b) $\varphi = 2\pi + 8\pi t + \pi t^2$
- c) $\varphi = 10\pi \text{ sen}(6\pi t + 2\pi)$
- d) $\varphi = 2\pi + 3\pi t + 6\pi t^2 + \pi t^3$
- e) $\varphi = 10\pi e^{-t}$
- f) Deixou em branco ou indicou outro resultado.

Tabela 3.1.4 – Resultados da 4ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	15	18
b	3	1
c	0	1
d	1	1
e	0	0
f	2	0

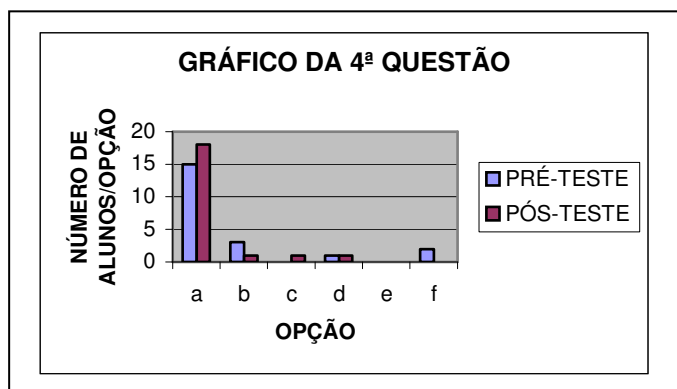


Fig. 3.6 – Gráfico da 4ª questão

O objetivo desta questão é verificar se o aluno identifica a função horária do espaço em coordenadas angulares para o movimento circular e uniforme. Pois, usaremos na seqüência didática, a linguagem angular para justificar que a força entre o Sol e o planeta é uma força

central, pois, caso contrário violaria a 2ª Lei de Kepler, ou seja, a velocidade areolar não seria constante.

A opção correta é a letra (a), onde 15 (quinze) alunos no pré-teste acertaram e 18 (dezoito) no pós-teste. No pré-teste 03 (três) alunos marcaram a opção (b), no pós-teste só 01 (um) aluno, ou seja, confundiram a equação do MCUV (movimento circular uniformemente variado) com a do MCU. No pós-teste 01 (um) aluno marcou a opção c, confundiu com MHS ou chutou. Um aluno no pré-teste e outro no pós-teste marcaram a opção (d), provavelmente chutaram. No pré-teste 02 (dois) alunos, deixaram em branco, não identificaram na sua estrutura cognitiva os conceitos e definições para a função horária do espaço angular.

Os alunos de nº 07 e nº 13 evoluíram, mudaram da opção f para a. Os alunos de nº 08 e nº 12 evoluíram, mudaram a opção b para a. O aluno de nº 06 não evoluiu, manteve a opção d. O aluno de nº 01 não evoluiu, manteve a opção b. O aluno de nº 02 regrediu, mudou da opção a para c.

05. Qual das equações abaixo, melhor representa a função horária do espaço angular de um (MCUV), Movimento Circular Uniformemente Variado.

- a) $\varphi = 4\pi + 3\pi t$
- b) $\varphi = 2\pi - 5\pi t + 2\pi t^2$
- c) $\varphi = 10\pi \cos(6\pi t + 2\pi)$
- d) $\varphi = 4\pi - 2\pi t - \pi t^2 + 3\pi t^3$
- e) $\varphi = 20\pi e^{-4t}$
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

Tabela 3.1.5 – Resultados da 5ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	1	1
b	14	18
c	0	0
d	2	2
e	0	0
f	4	0

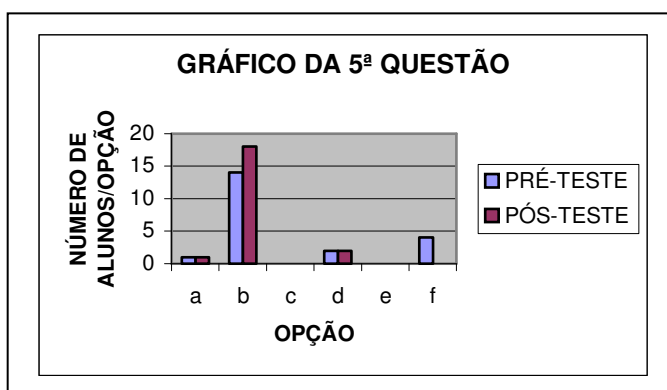


Fig. 3.7 – Gráfico da 5ª questão

O objetivo da questão é verificar se o aluno sabe identificar a função horária do espaço em coordenadas angulares do MCUV. O restante do objetivo é o mesmo da 4ª questão.

A opção correta é a letra (b), no pré-teste 14 (catorze) alunos marcaram tal opção e 18 (dezoito) alunos no pós-teste. No pré-teste, 01 (um) aluno marcou a opção a, e no pós-teste, um outro aluno, também marcou a opção a. Ambos confundiram a equação horária do espaço angular do MCU como função do espaço angular do MCUV. No pré-teste 02 (dois) alunos e no pós-teste 02 (dois), marcaram a opção (d) que é um polinômio de 3º grau, provavelmente um chute. No pré-teste 04 (quatro) alunos não responderam a questão, ou seja, provavelmente não identificaram os conceitos e definições da cinemática na linguagem angular em suas estruturas cognitivas.

O aluno de nº 02 regrediu, mudou a opção de b para a. O aluno de nº 01 não evoluiu, manteve a opção d. O aluno de nº 03 evoluiu, mudou da opção d para b. O aluno de nº 06 não evoluiu, mudou da opção f para d. Os alunos de nº 07, 08 e 13 evoluíram, mudaram da opção f para b. O aluno de nº 12 evoluiu, mudou da opção a para b.

06. Sobre cinemática vetorial, aplicada no MCU, é correto afirmar:

- a) O vetor velocidade é constante.
- b) O vetor aceleração é constante.
- c) O vetor aceleração aponta, em cada instante, numa direção radial e sentido para fora da concavidade.
- d) O vetor aceleração é sempre perpendicular ao vetor velocidade e aponta para o centro da circunferência.
- e) O vetor aceleração mede a variação do módulo do vetor velocidade na unidade de tempo.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

Tabela 3.1.6 – Resultados da 6ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	7	9
b	0	1
c	1	0
d	5	10
e	6	1
f	2	0

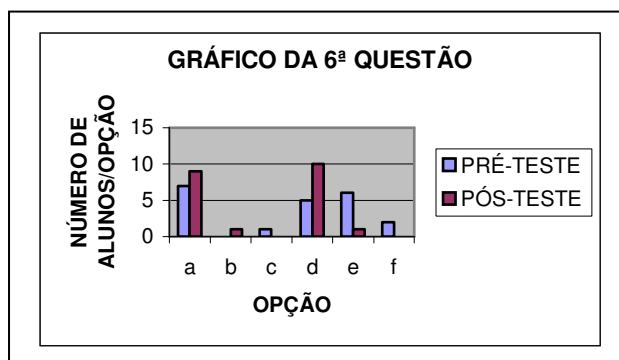


Fig. 3.8 – Gráfico da 6ª questão.

O objetivo da questão é investigar se o aluno sabe aplicar os conceitos, definições e equações da cinemática vetorial no MCU. Pois, vamos usar os conhecimentos da cinemática vetorial para fazer a dedução da Lei da Gravitação.

A opção correta é a letra (d). No pré-teste 05 (cinco) alunos marcaram tal opção e no pós-teste 10 (dez) alunos. No pré-teste 07 (sete) alunos marcaram a opção (a) e no pós-teste 09 (nove), tais alunos, não perceberam o que é um vetor ser constante, não souberam caracterizar um vetor, pois, ao se falar em MU pensa-se logo na velocidade ser constante, esquecem do caráter vetorial da velocidade. No pós-teste 01 (um) aluno marcou a opção (b), ele não percebeu que apesar do módulo ser constante o vetor aceleração muda constantemente de direção, ou seja, não percebeu as características de um vetor. No pré-teste 01 (um) aluno marcou a opção (c), ele confundiu o vetor aceleração centrípeta com o vetor aceleração centrífuga, não identificou que o vetor **a** aponta na direção do vetor $\Delta \mathbf{v}$, que aponta para dentro da concavidade. No pré-teste 06 (seis) alunos marcaram a opção (e) e no pós-teste 01 (um) aluno, eles não perceberam que o vetor aceleração mede a mudança do vetor velocidade na unidade de tempo, mudança esta, tanto no módulo do vetor que não é o caso, como na sua direção. No pré-teste 02 (dois) alunos deixaram em branco a questão, eles provavelmente não identificaram nas suas estruturas cognitivas conceitos, definições da cinemática vetorial.

O aluno nº 10, não evoluiu, mudou da opção e para b. Os alunos de nº 05 e nº 12 evoluíram, mudaram da opção a para d. Os alunos de nº 03, nº 07, nº 08, nº 14 e nº 17 (dezessete), não evoluíram, mantiveram-se na opção a. O aluno de nº 13 não evoluiu, mudou sua opção de f para a. O aluno de nº 06 evoluiu, mudou sua opção de f para d. Os alunos de nº 15 e nº 16,

evoluíram, mudaram da opção de e para d. O aluno de nº 19, não evoluiu, mudou sua opção de c para e. Os alunos de nº 01, nº 02 e nº 20, não evoluíram, mudaram suas opções de e para a.

07. Sobre movimento circular uniformemente variado (MCUV), podemos afirmar:

- a) O vetor aceleração tangencial é constante.
- b) O módulo do vetor aceleração instantânea é dado pela soma dos módulos do vetor aceleração centrípeta e tangencial, ou seja: $|\vec{a}| = |\vec{a}_c| + |\vec{a}_t|$
- c) O módulo da componente tangencial do vetor aceleração instantânea \vec{a} , é igual ao valor absoluto da aceleração escalar instantânea α , ou seja: $|\vec{a}_t| = |\alpha|$.
- d) Seja \vec{r} o vetor posição da partícula em relação a um referencial escolhido no centro da circunferência, este vetor varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais.
- e) A aceleração angular (γ) se relaciona com aceleração escalar (α) através da equação: $\gamma = \alpha \cdot R$.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

Tabela 3.1.7 – Resultados da 7ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	2	0
b	5	9
c	10	9
d	1	0
e	1	0
f	2	3

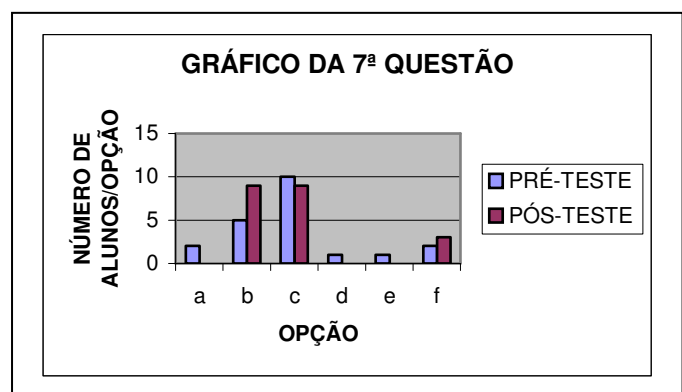


Fig. 3.9 – Gráfico da 7ª questão.

O objetivo da questão é identificar se o aluno sabe aplicar os conceitos, definições e equações da cinemática vetorial no MCVU, pois, usaremos na 4ª atividade da seqüência didática esses conhecimentos para inferir que a força gravitacional é central e que a velocidade areolar tem de ser constante para não violar a 2ª Lei de Kepler.

A opção correta é a letra (c), no pré-teste 10 (dez) marcaram a opção e no pós-teste 09 (nove) alunos. No pré-teste 02 (dois) alunos marcaram a opção (a), eles não perceberam o caráter vetorial da aceleração tangencial que muda constantemente de direção. No pré-teste 05 (cinco) alunos marcaram a opção (b) e no pós-teste 09 (nove), eles não souberam efetuar uma soma de vetores perpendiculares, ou não sabia que os vetores eram perpendiculares. No pré-teste 01 (um) aluno marcou a opção (d), não percebeu que o movimento tinha uma aceleração angular, que a área varrida pelo vetor posição seria variável no tempo. No pré-teste 01 (um) aluno marcou a opção (e), ele não percebeu o erro na análise dimensional da equação, que envolve o raio, a aceleração angular e aceleração escalar. No pré-teste 02 (dois) alunos e no pós-teste 03 (três) alunos deixaram em branco a questão. Provavelmente não identificaram na sua estrutura cognitiva: conceitos, definições e proposições da cinemática escalar e vetorial para aplicar no MCUV.

O aluno de nº 02 não evoluiu, mudou sua opção de a para b. Os alunos de nº 01 e nº 20 regrediram, mudaram suas opções de c para b. O aluno de nº 03 não evoluiu, manteve a opção f. O aluno de nº 19 não evoluiu, mudou sua opção f para b. O aluno de nº 18 não evoluiu, mudou sua opção de e para f. O aluno de nº 04 evoluiu, mudou sua opção de b para c. Os alunos de nº 05, nº 06, nº 12 e nº 13, não evoluíram, mantiveram-se na opção b. O aluno de nº 07 não evoluiu, mudou sua opção de d para f. O aluno de nº 08 não evoluiu, mudou sua opção de a para b.

08. Sobre dinâmica do MCU, é correto afirmar:

- a) Como o movimento é uniforme a velocidade não muda de valor, logo a aceleração é nula, conseqüentemente a força resultante também é nula.
- b) O vetor força resultante existe e é constante.
- c) O módulo do vetor força resultante é constante e é dado por: $|\vec{F}_R| = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot R}{T^2}$, onde R é o raio da curva e T o período do movimento.
- d) O módulo da componente centrípeta do vetor força resultante é constante, e é dado por: $|\vec{F}_c| = \frac{2\pi \cdot m \cdot R}{T^2}$.
- e) Como o corpo está em movimento uniforme, a componente tangencial da força resultante terá de existir para manter a partícula em movimento.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

Tabela 3.1.8 – Resultados da 8ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	6	2
b	5	4
c	0	5
d	2	0
e	4	5
f	4	5

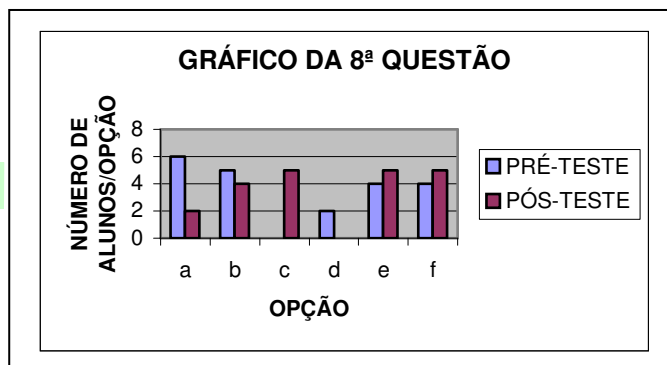


Fig. 3.10 – Gráfico da 8ª questão.

O objetivo da questão é identificar se o aluno sabe aplicar as leis da dinâmica de Newton no MCU. Pois, a demonstração da Lei da Gravitação Universal se restringirá a um movimento circular e uniforme.

A opção correta é a letra (c), no pré-teste nenhum aluno acertou e no pós-teste 05 (cinco) alunos acertaram. No pré-teste 06 (seis) alunos marcaram a opção (a) e no pós-teste 02 (dois) alunos, eles não perceberam o caráter vetorial da velocidade. No pré-teste 05 (cinco) alunos marcaram a opção (b) e no pós-teste 04 (quatro) alunos, não perceberam também o caráter vetorial da força resultante. No pré-teste 02 (dois) alunos marcaram a opção (d), eles não perceberam o erro no módulo do vetor força resultante no lugar de 2π deveria ser $4\pi^2$. No pré-teste 04 (quatro) alunos marcaram a opção (e) e no pós-teste 05 (cinco), à concepção aristotélica de movimento com força, ainda é forte, nas suas estruturas cognitivas. No pré-teste 04 (quatro) alunos deixaram em branco a questão e no pós-teste 05 (cinco) alunos, eles não identificaram nas suas estruturas cognitivas os conceitos, princípios e proposições da dinâmica para poder aplicar no MCU.

O aluno de nº 09 não evoluiu, mudou sua opção de d para b. O aluno de nº 10 não evoluiu, manteve opção b. O aluno de nº 11 evoluiu, mudou sua opção de f para c. O aluno de nº 12 não evoluiu mudou sua opção de b para e. Os alunos de nº 08 e nº 13 não evoluíram, mudaram suas opções de f para e. Os alunos de nº 07 e nº 18 não evoluíram, mudaram suas opções de e para f. Os alunos de nº 05 e nº 06 não evoluíram, mudaram suas opções de a para e. O aluno de nº 04 não evoluiu, mudou sua opção de b para a. Os alunos de nº 02 e nº 14 não evoluíram, mudaram suas opções de e para b. Os aluno de nº 15 e nº 16 evoluíram, mudaram suas opções de a para c. O aluno de nº 17 evoluiu, mudou sua opção de b para c. O aluno de

nº 19 não evoluiu, mudou sua opção de f para a. Os alunos de nº 03 e nº 20 não evoluíram, mudaram suas opções de a para f. O aluno de nº 21 evoluiu, mudou sua opção de d para c. O aluno de nº 01 não evoluiu, mudou sua opção de b para f.

09. Sobre as Leis de Newton podemos afirmar:

- a) Ação e reação são pares de forças que atuam no mesmo corpo.
- b) As Leis de Newton são válidas para referenciais acelerados.
- c) As forças ação e reação possuem módulos iguais.
- d) Quando uma partícula descreve um movimento circular e uniforme, o agente causador da interação sobre a partícula se encontra no centro da circunferência.
- e) Para que haja aceleração vetorial, os vetores, força resultante \vec{F}_R e velocidade instantânea \vec{v} , são obrigatoriamente colineares.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

Tabela 3.1.9 – Resultados da 9ª questão

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	3	1
b	0	0
c	16	19
d	2	1
e	0	0
f	0	0

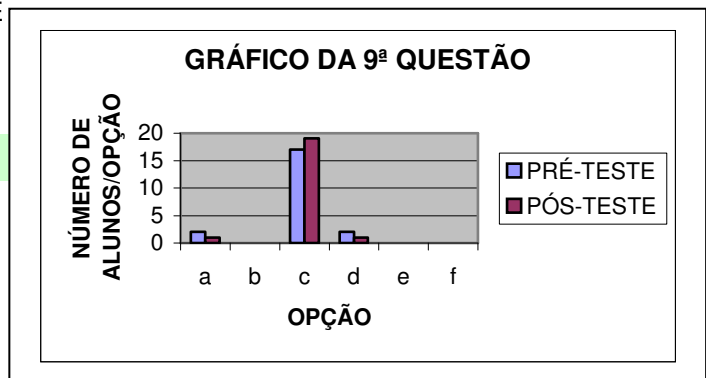


Fig. 3.11 – Gráfico da 9ª questão.

O objetivo da questão é identificar se eles conhecem os princípios da Mecânica Clássica.

A opção correta é a letra (c), no pré-teste 16 (dezesesseis) alunos marcaram a opção correta e no pós-teste 19 (dezenove) alunos. No pré-teste 03 (três) alunos marcaram a opção (a) e no pós-teste 01 (um), eles não perceberam que ação e reação atuam em corpos diferentes. No pré-teste 02 (dois) alunos marcaram a opção (d) e no pós-teste 01 (um) aluno, eles não

perceberam os exemplos de: pêndulo cônico, avião fazendo curva, carro de fórmula Indy fazendo curva como exemplos contrários a tal afirmação.

O aluno de nº 02 regressou, mudou a opção de c para d. Os alunos de nº 08 e nº 14 evoluíram, mudaram suas opções de d para c. O aluno de nº 04 evoluiu, mudou sua opção de a para c. O aluno de nº 06 evoluiu, mudou sua opção de a para c. O aluno de nº 13 não evoluiu, manteve a opção a..

10. A área de um setor circular de raio R e ângulo central θ é dada por:

- a) $A = \pi.R^2$
- b) $A = 2. \theta.R^2$
- c) $A = 4.\theta.R^2$
- d) $A = 0,5.\theta.R^2$
- e) $A = 4(\pi.R)^2/\theta$
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro resultado.

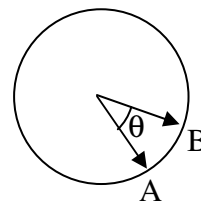


Fig. 3.12 – Área de um setor circular.

Tabela 3.1.10 – Resultados da 10ª questão.

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	0	0
b	0	5
c	0	0
d	9	10
e	4	4
f	8	2

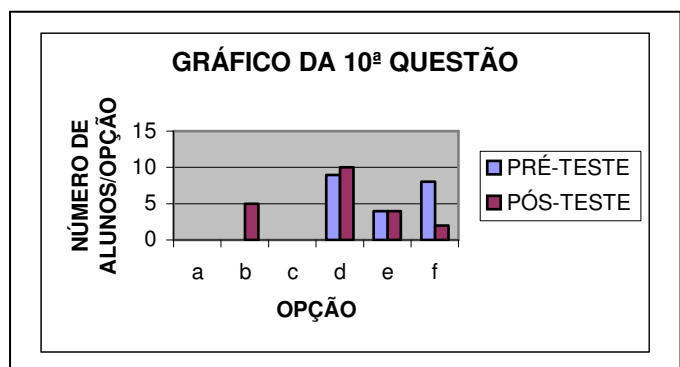


Fig. 3.13 – Gráfico da 10ª questão.

O objetivo é identificar se o aluno sabe calcular área de setor circular. Pois, teremos na 4ª atividade da seqüência didática como uma das passagens para justificar que a força gravitacional é central, o cálculo de áreas de setores circulares para mostrar que a velocidade areolar está variando.

A opção correta é a letra (d), no pré-teste 09 (nove) alunos marcaram tal opção e no pós-teste 10 (dez) alunos. No pós-teste 05 (cinco) alunos marcaram a opção (b), tentaram relacionar a fórmula da área com o ângulo θ , erraram na regra de três. No pré-teste 04 (quatro) marcaram a opção (e) e no pós-teste 04 (quatro) alunos, provavelmente chutaram. No pré-teste 08 (oito) alunos deixaram em branco e no pós-teste 02 (dois) alunos, eles não identificaram em sua estrutura cognitiva elementos de Geometria Euclidiana para poder calcular a área de um setor circular.

O aluno de nº 09 regrediu, mudou sua opção de d para b. Os alunos de nº 04, nº 13 e nº 19 não evoluíram, mantiveram a opção e. Os alunos de nº 06, nº 08 e nº 18 não evoluíram, mudaram sua opção de f para b. Os alunos de nº 07 e nº 20 não evoluíram, mantiveram a opção f. O aluno de nº 17 evoluiu, mudou sua opção de f para d. O aluno de nº 03 não evoluiu, mudou a opção de f para e. O aluno de nº 01 evoluiu, mudou a opção de e para d. O aluno de nº 02 não evoluiu, mudou a opção de e para b.

11. Que procedimento você usaria para determinar as áreas das figuras abaixo:

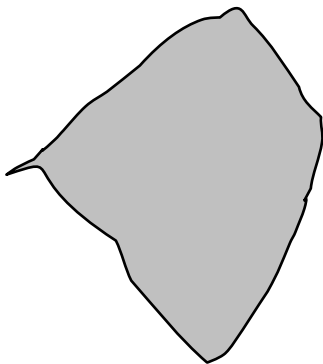
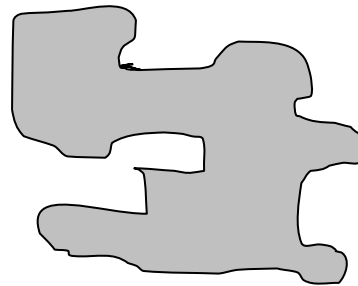


Fig. 3.14 – Área de figura irregular.



Fi.g. 3.15 – Área de figura irregular.

- Dividiria em quadrado ou outros polígonos e depois somaria suas áreas.
- Preencheria as áreas com pequenos quadrados e atribuiria um valor unitário a cada um conseguindo encontrar as áreas. Os quadrados deveriam ser imensamente pequenos.
- Dividiria as áreas em trechos infinitesimais por retas verticais, teríamos para cada figura “n” trechos com formas de retângulos. As áreas das figuras seriam dadas pelo somatório das áreas dos retângulos.
- Moldaria o perímetro a fim de aproximá-lo para uma figura geométrica qualquer, a partir daí, tiraria a área do sólido.

- e) Dividiria em setores menores possíveis para que pudesse abranger a maior parte da figura. Já que eles são bastantes irregulares, tornando o que sobra uma área desprezível.
- f) Deixou em branco ou sugeriu outro método.

Tabela 3.1.11 – Resultados da 11ª questão.

OPÇÃO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
a	9	7
b	4	7
c	1	2
d	1	0
e	3	5
f	3	0

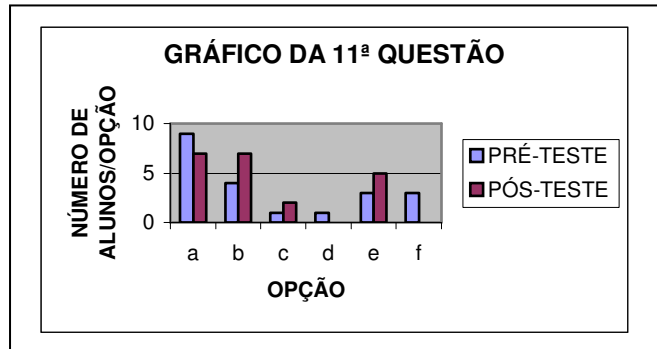


Fig. 3.16 – Gráfico da 11ª questão.

O objetivo da questão era saber se eles tinham idéias para calcular áreas de figuras irregulares, pois, mostraríamos assim, a dificuldade que Kepler naquela época sem cálculo diferencial integral teve para calcular a área de setores de uma elipse. No pré-teste, somente 03 (três) alunos não tinham nenhuma idéia. A maioria dos alunos mostrou-se influenciados pelo método do somatório de áreas menores. Esperávamos que alguém sugerisse um método indireto para calcular a área, por exemplo, através da comparação de volume de água deslocado pelo corpo de área irregular com o volume deslocado por corpos feitos de mesmo material e mesma espessura com áreas conhecidas.

O pré-teste tinha como objetivo verificar se os alunos possuíam subsunçores sobre: conceitos de cinemática; de elementos de Geometria Euclidiana; conceitos e princípios das Leis de Newton, que serviriam de ancoras para a aprendizagem da Lei de Newton da Gravitação Universal, que é uma proposição.

Dos resultados do pré e pós-teste concluímos:

Após categorizar o pré e pós-teste, constatamos através dos dados, que no mínimo 40% dos alunos pesquisados apresentaram dificuldades em conceitos de Geometria Euclidiana, no mínimo 52 % dos pesquisados apresentaram dificuldades em conceitos de cinemática vetorial

e no mínimo 76% dos pesquisados não souberam aplicar os princípios de dinâmica em movimento circular e uniforme.

Dos 46 (quarenta e seis) alunos, somente 21 (vinte e um) fizeram o pré e pós-testes, 09 (nove) tiveram desempenho escolar em Física considerado insuficiente para o que se espera de um aluno do CAP. 04 (quatro) alunos tiveram desempenho regular, 04 (quatro) alunos tiveram desempenho bom e outros 03 (três) tiveram ótimo desempenho escolar. Estes comentários, não estão restrito ao pré e pós-testes, e sim ao acompanhamento do desempenho escolar desde da 8ª série de 2001 até o 3º ano do Ensino Médio de 2004.

Vamos agora mostrar a categorização e análise do questionário aplicado a 18 (dezoito) professores do Ensino Médio.

3.2 Categorizações e Análises dos Questionários dos Professores

O objetivo do questionário é analisar as razões que levam professores de Física do Ensino Médio a não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal. O questionário aplicado aos professores se encontra no apêndice E.

Dos 18 (dezoito) professores, 01 (um) não leciona atualmente; 03 (três) lecionam somente em escola particular; 09 (nove) lecionam em escola particular e pública e 05 (cinco) somente em escola pública.

Dos 18 (dezoito) professores, 07 (*sete*) têm menos de *dez* anos de magistério; 04 (*quatro*) têm entre dez e vinte anos de magistério e 07 (*sete*) têm mais de vinte anos de ensino.

Do perfil profissional, observamos que dos 18 (dezoito) professores pesquisados, só 01 (um) não está lecionando e que 10 (dez) dos professores tem mais de dez anos de ensino. Ou seja, o grupo de professores pesquisado é representativo, tanto do ponto de vista do tempo de magistério, quanto de sua formação acadêmica. Vemos também, que somente 03 (três) não trabalham em Escola Pública.

A 1ª questão tinha como objetivo perceber a evolução acadêmica do professor.

Os professores foram nomeados aleatoriamente de A a S. Dos 18 (dezoito) professores que responderam o questionário, categorizamos a sua formação e evolução acadêmica através da tabela 3.2.1.

Tabela 3.2.1 – Evolução acadêmica dos professores.

Evolução Acadêmica	Concluiu	Nº de professores	Está cursando	Nº de professores
Licenciatura Plena em Física	N; O; R; A; D; E; L; M; J; I; H; P; F; B; S	15		
Licenciatura Plena em Ciências	Q	01		
Outra graduação	O; R; C; E; I; G; P	07		
Especialização	D; E; L; M; Q; I; H; F; B	09	N	01
Mestrado	R; I; P; S	04	O; A; M; Q; J; G; F	07
Doutorado	R	01		
Licenciatura Plena. em Matemática	B	01		

Do perfil do desenvolvimento acadêmico dos professores, observamos que 12 (doze) possuem curso de pós-graduação, ou seja, vemos que os professores estão preocupados com sua formação continuada.

A 2ª questão tinha como objetivo identificar se o professor diferenciaria as aulas dadas no ensino médio, das aulas ministradas em cursinhos preparatórios para o vestibular.

Após analisar as respostas da 2ª questão, identificamos seis categorias. A resposta de cada professor está representada na tabela 3.2.2.

Tabela 3.2.2 – Categorização da 2ª questão.

Deve Haver	Categorias	Professor	Percentual (%)
SIM	1. As aulas ministradas no ensino médio devem servir para que o aluno construa o conhecimento ligando a Ciência ao cotidiano. A finalidade do cursinho preparatório para o vestibular é só revisar os conteúdos.	D; F; M; N e Q	27,78
	2. No ensino médio o professor deve dar mais atenção aos princípios físicos que estão embasando o estudo, discutindo com os alunos de onde vem aquilo que estão estudando. No caso de expressões empíricas ao menos comentar como foram estabelecidas, e sempre que possível demonstrar algumas leis fundamentais. Nos cursinhos o tempo não dá para fazer um trabalho mais detalhado.	A; G e I	16,67
	3. O aluno do cursinho já tem alguma base formada e há turmas diretamente preparadas para os cursos de Humanas, Exatas ou Saúde, o que nos leva a aumentar ainda mais a diferenciação. Eles só necessitam de “revisão”. O aluno do ensino médio precisa de uma base sólida e diversificada, ele precisa de uma formação. O do cursinho supõe-se, já possui esta formação.	B e C	11,11
	4. O cursinho é um remendo do ensino médio, prova evidente da falha pedagógica, é lógico que, o tempo e a tensão do aluno são fatores que justificam as “pinceladas” didáticas. Por outro lado, um ensino justo, correto, com educação com despertar científico do aluno, não é tão simples como se possa imaginar, que garanta a qualquer instituição de ensino aplicá-la.	E; L e P	16,67
	5. Se as aulas de Física forem ministradas de maneira a proporcionar aos alunos uma compreensão dos conceitos desta disciplina, eles conseguiriam resolver as questões dos vestibulares. Para que isso ocorra é necessário: redução do currículo, que deveria privilegiar os conceitos	J; O; R e S	22,22

NÃO	básicos da disciplina; professor deveria ter uma remuneração que permitisse uma dedicação maior a uma única escola.		
	6. Só existe “aula de Física” e se os cursinhos e as escolas ditas normais do Ensino Médio estão fazendo diferença, isso é uma coisa errada. Física é uma Ciência Experimental, os cientistas criam modelos, porque na verdade são cegos, tentando desvendar a natureza, então só o laboratório pode dar o aval dos modelos imaginados. Essa conotação dos cursinhos é ao nosso ver, puramente comercial.	H	5,56

Quanto ao uso de seqüência didática aplicada às turmas do ensino médio e às turmas do cursinho, 13 (treze) professores responderam que deve haver diferença na abordagem. Os professores que contemplaram as categorias 1, 2 e 3, defendem que o cursinho é só um revisão dos conteúdos do ensino médio, que no ensino médio é o momento propício para que o professor ajude ao aluno a construir o conhecimento. Os professores que se encontram na 3ª categoria falam que os alunos do cursinho, já têm base, já têm formação. Ora, se eles têm base e formação por que é que eles estão fazendo cursinho?

Os professores incluídos na 4ª categoria, já têm uma visão mais crítica do ensino, pois, alegam que o cursinho é um tapar buracos do ensino médio. Ou seja, se o ensino médio fizesse a sua parte, levasse o aluno a desenvolver competência e habilidades não haveria necessidade de cursinho preparatórios.

Um grupo de 04 (quatro) professores que estão incluídos na categoria 05, já abordam questões estruturais do ensino médio como ponto decisivo para que ocorra uma aprendizagem significativa. Porém, os autores colocam no condicional: “Se as aulas de Física forem ministradas de maneira a proporcionar aos alunos uma compreensão dos conceitos desta disciplina eles conseguiriam resolver as questões do vestibular”. Os autores não informam que tipo de aula levaria os alunos a essa compreensão dos conceitos. Novamente a questão do vestibular continua como um fator norteador do ensino médio, ou seja, devemos ministrar as aulas para que os alunos consigam fazer as questões dos vestibulares.

No entanto, o professor que está na categoria 06, já tem um ponto de vista totalmente diferente dos demais. Ele defende que as aulas de Física sejam aulas desenvolvidas com experiências e que da experimentação é que deve se tirar conceitos, definições, teoremas. Sendo assim, não deveria haver aquelas aulas de resolver as enormes listas de exercícios sem contextualização.

Observamos nesse primeiro momento que os professores nos seus discursos para o ensino médio defendem uma postura construtivista, apesar da prática ser da educação bancária, de um ensino por recepção mecânica ou memorizada e acham natural a existência dos cursinhos como instituições que preparam os alunos para enfrentarem o tipo de seleção que é o vestibular.

A 3ª questão tinha como objetivo investigar os livros-texto de Física, na parte de Mecânica, com que os professores trabalham e trabalharam ao longo de sua carreira.

Tabela 3.2.3 – Relação de livros e numero de indicações			
TÍTULO	AUTORES	EDITORA	INDICAÇÕES
Os Fundamentos da Física – V.1	Ramalho - Toledo e Nicolau	Moderna	13
Os Tópicos da Física – V.1	Ricardo - Gualter e Nilton	Saraiva	12
Física Clássica – Dinâmica	Caio Sérgio e José Sampaio	Atual	10
Aula de Física – V.1	Toledo e Nicolau	Atual	08
Alicerces da Física – V.1		Saraiva	08
Curso de Física – V.1	Beatriz e Máximo	Scipione	07
Temas de Física – V.1	Bonjorno-Clinton- Regina	FTD	06
Física – V.1	Alberto Gaspar	Ática	05
Física – V. único	Paraná	Ática	04
Física - Mecânica	Dalton Gonçalves	Ao Livro Técnico	04
As Faces da Física	Osvaldo e Wilson	Moderna	04

Ao analisar as relações dos livros que os professores trabalham ou trabalharam, vemos que dos dez livros mais citados, nenhum deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal.

Também é relevante observar que o livro que indicam mais atividades construtivistas só teve 05 (cinco) indicações. Os livros mais indicados pelos professores não indicam atividades construtivistas. São livros que favorecem uma educação bancária, em que o aluno é mero receptor, com a cabeça vazia que o professor vai enchendo com se fosse depósito numa conta bancária. São livros que ajudam a preparar o aluno para resolver as questões de vestibulares.

* O livro Física 1 – Autores: Pauli; Majorana; Chohfi e Heilmann - Editora EPU – com duas indicações é o livro do Ensino Médio que aborda: a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal e o Trabalho da força Gravitacional numa linguagem de Física e Matemática do Ensino Médio. Foi o livro que inspirou o projeto da pesquisa.

A 4ª questão tinha como objetivo identificar se o professor valorizava ou não as deduções de fórmula, teoremas e leis na sua prática pedagógica, assinalando os assuntos de acordo com o código:

- a. Ministra deduzindo;
- b. Ministra só descrevendo, sem deduzir;
- c. Nunca ministrou.

Após analisar as respostas dos professores elas foram categorizadas na tabela 3.2.4.

Tabela 3.2.4 – Categorização da 4ª questão.			
Assuntos/ categorias/ professor	a	b	c
1. Função horária do espaço no movimento uniformemente variado (MUV);	B; D; E; F; G; H; I; J; L; M; N; P; R; S	A; C; O; Q	
2. Equação de Torricelli;	A;B; D; E; F; G; H; J; L; M; N; P; R; S	C; I; O; Q	
3. Velocidade escalar média é igual à média	A; B; D; E; F; G;	C; J; L; P; Q	

aritmética das velocidades inicial e final no MUV;	H; I; M; N; O; R; S		
4. Equação da altura máxima no lançamento oblíquo;	A; B; D; G; H; J; N; P; R; S	C; E; F; I; L; M; O; Q	
5. Equação do alcance horizontal no lançamento oblíquo;	A; B; D; G; H; J; N; P; R; S	C; E; F; I; L; M; O; Q	
6. Teorema da Energia Cinética;	A; B; C; D; E; F; G; H; I; L; M; N; R	J; O; P; Q; S	
7. Teorema do Impulso;	A; B; C; D; E; F; G; H; L; M; N; R	I; J; O; P; Q; S	
8. Equação do coeficiente de restituição;	A; D; H; L	B; F; G; I; M; N; O; P; Q; R; S	C; E; J
9. Teorema de Stevin;	B; D; E; G; H; I; L; M; R; S	C; F; N; O; P; Q	A; J
10. A Lei de Newton da Gravitação Universal;	C; D; I; L	B; E; F; G; H; M; N; P; Q; R; S	A; J; O
11. A equação da velocidade de um satélite em órbita circular em torno do centro da Terra;	B; D; E; G; H; I; L; R	F; J; M; N; P; Q; S	A; C; O
12. O trabalho da força gravitacional para o caso de g variável;	D; H; L; M;	B; E; F; G; N; Q; R; S	A; C; I; J; O; P
13. A equação de Gauss das lentes esféricas;	B; D; H; R	A; C; F; G; I; J; L; M; N; O; P; Q	E; S; C
14. A equação de Halley dos fabricantes de lentes;	D	A; B; F; G; H; I; L; M; N; O; P; Q; R	C; E; J; S
15. A equação da pressão num gás ideal, em termo da teoria cinética dos gases;	D; H; L; M; R	B; E; F; G; I; J; N; O; P; Q; R;	A; C

		S	
16. A equação da energia interna de um gás ideal, em termos da teoria cinética dos gases;	D; H; L; R	B; E; F; G; I; J; M; N; O; P; Q; S	A; C
17. A velocidade de arrastamento dos elétrons livres num condutor metálico;	D; H; P; R	B; E; F; L; M; N; Q; S	A; C; G; I; J; O
18. O módulo do vetor campo elétrico na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático;	D; G; H; M; R	B; C; E; F; I; J; L; N; P; Q; S	A; O
19. O módulo do vetor indução magnética no centro de uma espira;	D; H; R	B; C; E; F; G; I; L; M; N; P; Q; S	A; J; O
20. O módulo do vetor aceleração centrípeta.	D; E; F; G; H; J; N; R	A; B; C; I; L; M; O; P; Q; S	

Tínhamos como objetivo na 4ª questão identificar o perfil do professor a respeito das deduções, se o professor trabalha os conteúdos no nível de justificativa ou se ele é mais pragmático e trabalha só ao nível de conhecer e aplicar.

Observando a tabela 3.2.4, constatamos que somente 04 (quatro) professores (L; D; C e I) abordam a dedução da Lei da Gravitação Universal. Da resposta da 3ª questão, só o professor L, dentre os quatro que afirmaram que deduziu a Lei da Gravitação Universal, mostrou que teve acesso a dedução da Lei da Gravitação através do livro do Pauli.

Observamos que os assuntos de números 10, 12 e 13, ver tabela 3.2.4, são em média, ministrados sem dedução.

No item 11, 07 (sete) professores preferem apresentar a fórmula da velocidade de translação do satélite, do que deduzi-la usando a Lei da Gravitação Universal e a equação da força centrípeta que seria mais relevante, pois, estaríamos aplicando os princípios da dinâmica numa situação-problema que é o movimento de satélite, mostrando assim, porque a velocidade depende da massa do planeta e da distância do satélite ao centro do planeta.

Já os assuntos de números: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 que são assuntos de mecânica e que são deduzidos na maioria dos livros-texto, influenciam os professores a também demonstrá-los em sala. Já o assunto 12 não é deduzido pelos livros indicados, pois, os autores acham difícil introduzir o conceito de somatório ou integral no ensino médio. O livro Física 1 (um) do Pauli, E.P.U, aborda a dedução do trabalho da força gravitacional. Observamos também, que o assunto 20 não é deduzido na maioria dos livros e conseqüentemente nem todos os professores abordam tal demonstração.

Observamos na tabela 3.2.4, que os outros assuntos que não são abordados com tanta freqüência como Mecânica, são na maioria trabalhados pelos professores no nível de conhecimento, ou seja, não justificam como, por exemplo, a equação de Halley dos fabricantes de lentes (14) que só 01 (um) professor deduz.

Na 5ª questão tínhamos como objetivo, investigar se os professores concordavam ou não que as deduções ajudavam os alunos a desenvolver competências e habilidades em compreensão e investigação.

Após análise, identificamos sete categorias que estão apresentadas na tabela 3.2.5.

Concorda	Categorias	Professor	Percentual (%)
SIM	1. Sim, pois, ajudam a mostrar as associações científicas, confirmar hipótese e teorias geradas por experiências de observações, utilizar os conceitos matemáticos subjacentes, estabelecendo relações entre as diferentes variáveis com as quais se trabalha.	D; E; F; G; I; J; N; S	44,44
	2. Sim, ajuda a mostrar que tudo tem uma razão de ser, que existe um princípio histórico que fundamenta. Que a própria seqüência de desenvolvimento leva o aluno ao raciocínio, e instiga-o a investigação.	A; L	11,11
	3. Sim, dependendo dos conteúdos a serem abordados, dos objetivos do professor em desenvolver	M	5,56

	competências e habilidades.		
	4. Sim, ajuda a desenvolver habilidades e competências na medida em que a Física seja fundamental para o curso que desejar fazer.	B; C; R	16,67
NÃO	5. Não, porque as demonstrações das leis e teoremas, só servem para responder perguntas como: - De onde veio isso? - Como se chega a essa fórmula? – O senhor sabe demonstrá-la? O que ajuda a desenvolver habilidades e competências é a experimentação e não apenas o cálculo, a parte teórica.	H	5,56
	6. Não, por serem cansativas. Devemos antes de demonstrar, permitir que os alunos observem, realizem experiências e conheçam a história, a filosofia e a tecnologia que estão ligados a estas leis e teoremas.	O; Q	11,11
Não respondeu a questão.		P	5,56

Dos 18 (dezoito) professores, 15 (quinze) concordaram com a afirmativa. Um professor não concordou, achando que só a experimentação leva o aluno a desenvolver competência e habilidade. Conforme os PCN a experimentação é importante, pois, podem levar os alunos a adquirirem uma aprendizagem por descoberta significativa. Sendo assim, o laboratório de Física deve fazer parte da carga horária de Física, porém, habilidades e competências em investigação e compreensão não se restringe a desenvolver a capacidade de investigação física: classificar, organizar, sistematizar, identificar regularidades, observar, estimar ordens de grandeza, medir, *fazer hipóteses* e testar. Mais também em:

- ✓ Conhecer e utilizar conceitos físicos: relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes.
- ✓ Compreender e utilizar leis e teorias físicas
- ✓ Construir e investigar situações-problema: identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar e analisar previsões.

E essas competências e habilidades serão desenvolvidas através das deduções de equação e teorema da Física.¹²

¹² Ver citação do Gaspar p.11

O objetivo da 6ª questão era de investigar as fontes de consulta do professor.

Dos 18 questionários pesquisados categorizamos através da tabela 3.2.6 as seguintes fontes de consultas.

Material/ Professor	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S
Livros-texto	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
Revistas de divulgação científica	X		X	X	X	X						X						
Livros da Graduação					X		X		X		X	X					X	X
Internet	X		X	X		X	X		X			X						X
Jornais					X	X						X						
Experiência própria								X	X						X			
Material da própria escola																X		

Quanto à preparação das aulas percebemos que 07 (sete) professores recorrem a livros de graduação como fontes de consultas. Desses 07 (sete), somente os professores L e I deduzem a Lei da Gravitação Universal. 16(dezesseis) professores indicam o livro-texto como fonte principal de consulta. Provavelmente, o fator tempo, devido à excessiva carga horária dos professores, leva a terem pouco tempo para pesquisar em outras fontes.

Quanto à 7ª questão, tínhamos como objetivo identificar se os professores deduziam ou não a Lei de Newton da Gravitação Universal e porquê.

Após análise dos questionários identificamos sete categorias que estão apresentadas na tabela 3.2.7.

Deduz	Categorias	Professor	Percentual (%)
	1. Nunca ministrou o assunto.	A; J; O	16,67

NÃO	2. Não demonstra, pois, no Ensino Médio, depende do fator tempo, interesse, aceitação e nível do aluno.	B; F; Q	16,67
	3. Não, pois, não conhece a demonstração no nível do Ensino Médio. (os livros didáticos não contemplam tal demonstração).	G; N; R	16,67
	4. Não, pois, não vejo aplicabilidade, no nível do Ensino Médio.	M	5,56
	5. Não, pois, ainda não me propus a tal.	P; S	11,11
	6. Não, porque a lei surgiu de uma observação prática e não de uma demonstração. A consequência da observação dos valores medidas é que resultou na equação da força gravitacional e não o inverso.	H	5,56
SIM	7. Sim, por ser uma das maiores provas do poder do ser humano, através da ciência, de modificar concepções errôneas acerca do universo e da sociedade. Na sua dedução, Isaac Newton recorreu as suas leis da dinâmica, e outras, entre elas a lei do movimento dos planetas (Leis de Kepler).	C; D; E; I; L	27,78

Quanto a ministrar a Lei da Gravitação Universal, deduzindo-a, já se esperava a confirmação das hipóteses levantadas, pois as citações dos livros não indicavam um que fizesse a dedução. Outro fator foi o baixo número de professores que usam os livros de graduação como fontes de consultas.

Dos 18 (dezoito), 03 (três) nunca ministraram o assunto. Dos 15 (quinze) restantes 05 (cinco) demonstram a Lei da Gravitação. Logo, temos um total de 10 (dez) professores que não acham relevante a dedução. Eles não percebem a importância da dedução como estratégia didática para que ocorra uma aprendizagem significativa. *Pois, a Lei da Gravitação Universal é uma proposição e toda proposição é derivada de conceitos, definições, equações e leis mais gerais que são pré-requisitos para a demonstração da mesma.* Eles não percebem a hierarquização da disciplina.¹³ Não percebe a importância de se mostrar para o aluno o uso

¹³ Ver na p.17, o parágrafo: “Ausubel sustenta”

das Leis de Kepler e do próprio Newton, como um ato de construção coletiva.¹⁴ Aprender a Lei da Gravitação através da dedução da mesma é fazer uma excelente revisão: dos conceitos da cinemática, das Leis de Kepler e das Leis de Newton.

Na 8ª questão tínhamos como objetivo identificar se o professor teve acesso à dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal numa linguagem física e matemática para o Ensino Médio. Após a caracterização das informações identificamos seis categorias:

Teve acesso	Categorias	Professor	Percentual (%)
SIM	1. Sim. Em livros para o ensino médio.	C; D	11,11
	2. Sim. No livro Física 1 – Pauli – editora E.P.U.	B	5,56
	3. Sim. De uma apostila do próprio pesquisador.	A	5,56
	4. Sim. No trabalho do próprio pesquisador e em livros raros.	I	5,56
	5. Sim. Física 1 – Pauli – editora: E.P.U; Material de Física do contato.	L	5,56
NÃO	6. Não viu.	E; F; G; H; J; M; N; O; P; Q; R; S	66,67

Dos 18 (dezoito) professores, 06 (seis) viram a dedução da Lei com linguagem física e matemática do Ensino Médio, mostrando assim o provável motivo que leva a maioria dos professores de não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal. Ou seja, 2/3 dos professores pesquisados não tiveram acesso à dedução da Lei.

Quanto à 9ª questão tínhamos como objetivo identificar se o professor demonstrava a dependência da constante da 3ª Lei de Kepler com a massa do corpo central, como por exemplo, a massa do Sol no caso do Sistema solar.

¹⁴ Ver na p.42, a competência e habilidade em contextualização sócio-cultural - Reconhecer a Física.....

Após caracterização das respostas, identificamos oito categorias que estão apresentadas na tabela 3.2.9.

Tabela 3.2.9 – Categorização da 9ª questão.			
	Categorias	Professor	Percentual (%)
SIM	1. Sim;	D; E; F; G; L; M; P; R; S	50,00
NÃO	2. Sem justificar;	Q	5,56
	3. Não tinha conhecimento neste assunto, só informa a 3ª Lei de Kepler;	C	5,56
	4. As questões de Gravitação Universal são diretas e muitas demonstrações não funcionam em turmas mistas;	B; N	11,11
	5. Não achou relevante a determinação da constante da 3ª Lei de Kepler;	H	5,56
	6. Apenas informa que cada sistema Gravitacional tem sua própria constante, logicamente em função da massa central, mas não demonstra;	I	5,56
Não ministra o assunto;		A; J	11,11
Não respondeu.		O	5,56

A respeito da constante da 3ª Lei de Kepler, dos 18 (dezoito), 09 (nove) professores acham relevante fazer a dedução. Os Livros de nº 01; nº 03; nº 04; nº 05; nº 06 e nº 10 demonstram a relação da constante da 3ª Lei de Kepler com a massa do corpo central e isso induz aos professores a fazerem o mesmo em suas seqüências didáticas.

Na 10ª questão tínhamos com objetivo identificar as razões que levavam ou não os professores à não fazer deduções em suas aulas.

Após análise dos 18 questionários, observamos as seguintes categorias que estão apresentadas na tabela 3.2.10.

Fatores/ Professores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S
1. Imediatismo do aluno.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
2. O fator tempo, muito conteúdo para poucas aulas.		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X					X
3. A deficiência em Matemática dos alunos.		X	X	X			X	X		X	X						X	
4. A proposta pedagógica da escola.	X												X					
5. A gestão escolar.				X		X							X					
6. Material didático.				X												X		X

Quanto aos fatores que dificultam o uso das deduções nas aulas, percebemos:

- ✓ A questão da quebra dos pré-requisitos, ou seja, os alunos são promovidos de série sem o devido mérito;
- ✓ O imediatismo dos alunos;
- ✓ O pragmatismo dos professores, estabelecendo uma relação professor-aluno semelhante à relação prestador de serviço-cliente, a necessidade da sobrevivência, ou seja, o professor deve trabalhar o conteúdo de acordo com os interesses dos alunos;
- ✓ A proposta pedagógica da escola voltada diretamente para o vestibular.

Na 11ª questão tínhamos como objetivo identificar o grau de importância que o professor dava para Gravitação Universal e se o mesmo percebia a importância interdisciplinar do tema.

Após análise dos 18 questionários chegamos a seis categorias:

Categorias	Professor/ Nº de aulas		Percentual (%)
	1. De fundamental importância por tratar dos fenômenos físicos do universo, como também, ponto de partida para o desenvolvimento das Ciências e a da própria humanidade.	B	
	F	6	
	I	8 a 10	
	L	8 a 20	

	R	8	
	S	6	
2. Todos os assuntos possuem a sua importância, porém, a Gravitação Universal é importante inclusive como pré-requisito para outros assuntos, como eletromagnetismo e eletrostática.	D	6	22,22
	H	8	
	N	8	
	P	4 a 6	
3. Pouca importância por ser complexo para ser ensinado e aprendido.	C	3	11,11
	Q	3	
4. Não leciono, pois, é pouco abordado no vestibular.	A; J; O	-	16,67
5. Relevante, grande aplicação prática no cotidiano dos alunos.	G	6	11,11
	M		
6. Importante pela generalização (movimento, força, energia, quantidade de movimento), por justificar os resultados experimentais e ou observações, através da Matemática e por utilizar conhecimentos básicos anteriores na construção de novos conhecimentos.	E	6 a 15	5,56

Quanto ao grau de importância do assunto Gravitação Universal, no Ensino Médio, observamos que: 03 (três) professores não abordam o assunto por cair pouco no vestibular; outros 02 (dois) não abordam por acharem complexo para ser ensinado e aprendido. Os mesmos não percebem a importância do tema tanto do ponto de vista da generalização da lei que rege o movimento dos astros, como também, pelo fato histórico da evolução do pensamento científico-filosófico da humanidade, com a quebra do paradigma aristotélico. Ou seja, tais professores, não estão em sintonia com aquilo que é apregoado nos PCN sobre competências e habilidades que o ensino de Física deve ajudar a desenvolver nos alunos. Gostaríamos que os professores ao lerem esta dissertação refletissem sobre as citações de Máximo e Beatriz que se encontra na página 9.

3.3 Análise das transposições didáticas da Gravitação Universal nos livros-texto de Física do Ensino Médio

Categorização e análise dos livros-texto

Os autores de livros-texto geralmente ao abordarem o capítulo de Gravitação Universal os fazem dividindo-o nas seguintes seções:

- ✓ Resumo histórico sobre a evolução do Sistema Planetário;
- ✓ As Leis de Kepler;
- ✓ A Lei da Gravitação Universal de Newton;
- ✓ O campo gravitacional, aceleração da gravidade e a variação do peso de um corpo com a latitude e altitude;
- ✓ Dinâmica aplicada ao movimento de satélites em órbitas circulares;
- ✓ Análise energética do movimento de um planeta em torno do Sol.

Chamaremos de categorias esses subitens nos quais os capítulos são divididos. A descrição completa do capítulo da Gravitação Universal de cada livro está num arquivo de 36 páginas que não será colocado na dissertação devido à limitação das 150 páginas.

As análises dos livros serão feitas, após, a tabela 3.3.1, que resume toda a descrição que está no arquivo do professor-pesquisador. Julgaremos como cada categoria é abordada no livro através dos conceitos:

- I (inadequada), caso não aborde o assunto;
- R (regular), se abordar de maneira superficial;
- B (bom), se emprega método adequado, da apresentação do conteúdo, utiliza-se de princípios programáticos apropriados na organização sequencial do ensino da Física e se for equação, deduzindo-a se possível para a linguagem do ensino médio.

A ordem da análise foi aleatória.

Resumo das estruturas dos capítulos.

Livro 01 - Curso de Física – volume 1 – 5ª edição – 2000 - Editora Scipione

Autores: Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares

Capítulo 06 - p.217 a p.248 - Título: **GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**.

O capítulo consta de uma página introdutória, chamando a atenção do professor para o desenvolvimento do tema e sua importância para a formação científica do aluno; seis seções; exercícios de fixação após cada seção; exercícios de revisão em nível de exercícios de fixação; experiências simples; problemas e testes; questões de vestibulares e problemas suplementares.

Livro 02 - Tópicos da Física vol. 01 – 11ª Edição – 1993. Editora Saraiva

Autores: Ricardo, Newton e Gualter.

Tópico 7 - p.218 a p.232 – Título: **GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**

O capítulo é dividido em dois blocos que constam no total de nove itens, três listas de exercícios classificadas por níveis (nível 1, dez exercícios de fixação; nível 2, catorze exercícios de aplicação e nível 3, nove exercícios de vestibulares), uma seção especial de leitura com três tópicos e quatro exercícios resolvidos.

Livro 03 - Física vol. 01 – 1ª edição – 2000 - Editora Ática

Autor: Alberto Gaspar

Capítulo 18 - p.260 a p.278 – Título: **GRAVITAÇÃO.**

O livro consta de 07 seções, de 10 exercícios resolvidos. O autor chama de atividades uma outra lista, constituída de 04 questões abertas e 08 exercícios tipo problema. Há uma outra lista, intitulada preparação para o vestibular, constituída de 10 questões tipo teste e 05 questões tipo problema.

Livro 04 - Aulas de Física 1 – Mecânica – 8ª edição – Editora Atual

Autores: Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antônio de Toledo Soares

Seção 14 - p.345 a p.368. – Título: **GRAVITAÇÃO.**

Os autores dividem os capítulos ou seções em aulas, no caso em questão o tema é dividido em 05 aulas. Cada aula consta de um texto básico, com três listas de exercícios: exercícios de aplicação (exercícios resolvidos), exercícios de verificação e exercícios de revisão. Nos exercícios de revisão há exercícios de maior grau de dificuldade.

Livro 05 - Os Fundamentos da Física 1 – 8ª Edição – 2003 – Editora Moderna

Autores: Ramalho, Nicolau e Toledo.

Parte 06 – p.323 a p.348 – Capítulo 17 – Título: **GRAVITAÇÃO UNIVERSAL.**

O capítulo consta de seis seções, uma lista de 12 exercícios resolvidos, um tópico especial de leitura sobre “O lixo espacial”, uma lista de 18 exercícios de propostos de recapitulação de vestibular, uma lista de 21 testes propostos de vestibular e dois textos sobre História da Física.

Livro 06 - Mecânica IV – Coleção Nova Geração - 1ª Edição - 2004- Editora Nova Geração
Autor: Álvaro Csapo Talavera.

Capítulo 2 - p.46 a p.91 – Título: **GRAVITAÇÃO**.

O autor divide a obra em fascículos onde o curso de Mecânica é dividido em quatro fascículos, o capítulo da Gravitação Universal, se encontra no quarto fascículo intitulado “Mecânica IV”. O capítulo é dividido em cinco seções, de sete exercícios resolvidos, de vinte e seis exercícios propostos, de vinte e sete exercícios de vestibulares, de uma atividade experimental, de uma atividade extraclasse, de um texto contextualizado sobre a Física na sociedade, de quatro textos falando de história da Física onde um deles é usado como tarefa escolar, onde no texto note e anote que fala do Livro das Revoluções de Nicolau Copérnico o autor pede que o aluno redija um outro texto de no máximo duas laudas e de um texto sobre a possibilidade de vida extraterrena.

Livro 07 - Física Clássica - Dinâmica e Estática – 2ª Edição – 3ª Reimpressão – 1998.
Editora Atual. Autores: Caio Sérgio Calçada e José Luiz Sampaio.

Capítulo 11 - p.375 a p. 414. – Título: **GRAVITAÇÃO**.

O capítulo consta de 07 seções, de duas listas de exercícios, intitulados Exercícios de Aplicação e Exercícios de Reforço, perfazendo um total de 92 questões sendo 17 resolvidas.

Livro 08 - Temas de Física – volume 1- Editora: FTD

Autores: José Roberto Bonjorno, Regina Azenha Bonjorno, Valter Bonjorno e Clinton Márcico Ramos

Capítulo 12 - p.343 a p.354 – Título: **AS LEIS DA GRAVITAÇÃO**.

O livro consta de cinco seções, de cinco exercícios resolvidos, vinte e seis questões, cinco exercícios de fixação, e uma lista de dezesseis testes dos vestibulares.

Livro 09 - Física – Série Novo Ensino – Volume Único

Autor: Paraná – Editora: Ática - 5ª edição.

Módulo 30 - p.130 a p.133 – Título: **GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**.

O capítulo consta de três seções, uma lista de três exercícios resolvidos, uma lista de nove questões propostas e uma lista de sete questões tipo teste de vestibulares que se encontra no final do livro.

Livro 10 - As Faces da Física – Volume único – 2ª edição - Editora: Moderna

Autores: Wilson Carron e Osvaldo Guimarães

Capítulo 16 – p.214 a p. 237 - Título:**GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**.

O capítulo consta seis seções, de uma lista de cinco exercícios resolvidos, de uma lista de onze exercícios propostos e de uma lista de quinze exercícios complementares.

Após a análise dos livros resumimos a categorização dos mesmos na tabela nº 3.3.1.

Tabela nº 3.3.1 – Relação dos livros – Categorias – Conceitos.

Livros/Categorias/Conceitos (I) Insuficiente, (R) Regular, (B) Bom	L.01	L.02	L.03	L.04	L.05	L.06	L.07	L.08	L.09	L.10
1.Contempla a História da evolução do Sistema Solar.	B	R	B	B	B	B	B	R	B	B
2.Contempla raio médio da elipse.	I	B	I	R	B	R	R	I	I	B
3.Contempla as Leis de Kepler.	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B
4.Contempla análise da velocidade orbital no afélio e periélio.	R	B	I	B	B	B	B	R	I	B
5.Contempla velocidade areolar.	I	B	I	B	B	B	B	I	I	I
6.Contempla a Lei de Newton da Gravitação Universal.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
7.Contempla a dedução da Lei da Gravitação Universal.	I	I	I	I	I	B	I	I	I	I
8.Contempla a variação de g com a altitude.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
9.Contempla a variação de g com a latitude.	R	R	R	R	R	R	R	I	I	R

10.Contempla dinâmica de satélite em órbita circular.	B	B	B	B	B	B	B	R	R	B
11.Contempla satélite geoestacionário.	R	R	I	R	R	R	R	I	I	B
12.Contempla trabalho da Força Gravitacional.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R
13.Contempla velocidade de escape.	I	R	I	R	R	B	B	I	I	B
14.Contextualiza a Gravitação Universal.	B	I	R	I	R	B	I	I	I	R
15.Contempla atividade construtiva.	B	I	I	I	I	B	I	I	I	I

Após categorizar os diversos livros, do Ensino Médio, indicados pelos professores concluímos que:

1. Apesar do bom número de publicações em Física para o Ensino Médio, observamos que os textos diferem pouco uns dos outros.
2. Os Livros: 02, 04, 05, 07, 08, 09 e 10, ao nosso ver, são para abordagem de aulas expositivas, apresentando uma forte tendência na resolução de exercícios, na repetição, favorecendo a uma abordagem dos conteúdos por recepção. Os autores nos textos não sugerem atividades construtivistas. Os textos foram elaborados numa visão tradicionalista da educação, numa visão da educação bancária (o aluno recebe o conhecimento pronto, armazena as informações e aplicam em situações problemas padrões). Os textos foram elaborados numa perspectiva de preparação para o vestibular. Não há contextualização dos conteúdos. Os textos não ajudam os professores a desenvolverem atividades construtivistas. Os textos não estão em acordo com os PCN.
3. O Livro 05, o mais indicado e usado pela maioria dos professores, com mais de vinte anos de mercado editorial, nesta 8ª edição, já começa a trazer um *pouco* da contextualização da Física, apesar de sua forte tendência para a resolução de exercícios dos vestibulares como atividade de aprendizagem dos conceitos, definições, teoremas e Leis da Física. Os autores não sugerem o capítulo de Gravitação Universal se o número de aulas for pequeno. Vemos assim a idéia de que os conteúdos devem ser trabalhados de acordo com a visão das bancas de elaboração das provas de vestibulares. Esquecem

os autores e os membros dessas bancas da importância histórica que foi a Lei da Gravitação Universal para o desenvolvimento da Ciência e da Humanidade como um todo. Este marco não poderia ser deixado de lado. Outros conteúdos da Física poderiam ser sacrificados, por exemplo: termometria, dilatação térmica, associação de resistores, estudos de lentes esféricas. E não esse assunto.

4. O Livro 03, apesar do excelente manual do professor, no texto não há indicação de atividades construtivistas, apesar da contextualização e da abordagem histórica da astronomia. Vemos assim, ainda, uma tendência à aula instrucional.
5. O livro 01, é um livro tradicional no mercado editorial, que traz uma abordagem metodológica diferente, que deveria fazer com que boa parte dos alunos passassem a gostar da Física. Porém, devido ao pragmatismo dos adolescentes e principalmente aqueles rotulados de alunos que vão para a área de humanas, ele não é bem aceito pelos alunos. Também devido à formação tradicionalista dada aos professores nas universidades, poucos são aqueles que no ensino médio adotam atividades construtivistas como estratégia para que ocorra aprendizagem significativa. O livro contextualiza à Física, apresenta uma excelente coleção de exercícios, e os autores sugerem fortemente que a atividade do professor não seja de um mero repassador de conteúdos (instrutor), mais sim um coordenador das atividades dos alunos. As indicações de estudos dirigidos prevalecem sobre as aulas expositivas. Apesar de não deduzirem a Lei da Gravitação Universal os autores praticamente indicam o caminho para os alunos ao sugerirem os exercícios 14 e 20 da pág. 244.
6. O livro 06 é uma grata surpresa no mercado editorial. Contextualiza à Física como nenhum outro, traz abordagem histórica inédita do ponto de vista dos outros autores, pois nenhum outro fez tais colocações, mostrando assim que houve uma pesquisa em História das Ciências. Contempla atividade construtivista no texto. Excelente programação visual, que provavelmente o autor usa como organizador prévio, aplicando assim a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak. Apresenta um número suficiente de exercícios. Justifica de forma brilhante o movimento da Lua. E por último resgata para o Ensino Médio a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal.

Verificamos assim que só o livro do Talavera, Livro nº 06, traz atualmente a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal.

A primeira vez que tivemos contato com a dedução da Lei da Gravitação Universal foi na graduação. Onde a dedução da lei envolvia equações diferenciais. A primeira que vimos à dedução da lei numa linguagem de Física e Matemática para o Ensino Médio foi no livro Física 1 – Mecânica - editora: EPU – Autores Pauli; Majorana; Heilmann e Chofi, o livro também mostra a dedução do trabalho da força gravitacional. O livro saiu do mercado editorial. E este é o ponto crucial da nossa pesquisa, pois, os professores ao elaborarem suas aulas estão se limitando ao texto, conseqüente a lei de Newton é apresentada de forma postulada ou como se fosse uma definição, não se fazendo nenhuma hierarquização com as Leis de Kepler, com os elementos da Geometria Euclidiana, com os conceitos de cinemática e os princípios da Mecânica, conseqüentemente levando o aluno a uma aprendizagem por recepção mecânica ou memorizada.

A Lei de Newton é uma proposição e como tal precisa de subsunçores para se ancorar na estrutura cognitiva para que efetivamente ocorra uma aprendizagem significativa, e não mais uma fórmula de Física para ser *decorada*.

E para encerrar o capítulo mostraremos a categorização e a análise do questionário aplicado aos alunos sobre a seqüência didática desenvolvida pelo professor.

3.4 Categorização e Análise das Impressões dos Alunos Quanto ao Uso da Sequência Didática que Deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal no Ensino Médio

Apresentaremos a categorização e análise do questionário aplicado aos alunos das 3^{as} séries A e B, ano 2004, do CAP-UFPE. Foram entregues em mãos 32 (trinta e dois) questionários, dos quais somente 14 (quatorze) foram devolvidos. O questionário foi entregue as turmas no final do ano letivo, após a prova da 1^a fase do vestibular da Covest. Foi aguardada até a 2^a semana de janeiro de 2005 a devolução dos questionários, fechando assim o universo da pesquisa.

O questionário tinha 36 (trinta e seis) questões, que versava sobre cada etapa da sequência didática e sobre a metodologia das deduções.

A sequência didática que deduz a Lei de Newton foi estruturada tendo como uma de suas bases teórica à “Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak”, sendo constituída de:

- 1^o Aplicação do pré-teste, 01 (*uma*) aula;
- 2^o Da apresentação de um filme-documentário que falava de mecanicismo, Leibniz, Copérnico, Galileu, Tycho Brahe, Kepler e Newton e o projeto Apolo, 03 (*três*) aulas. E mais 01 (*uma*) aula, tipo estudo dirigido, resolver em sala e em equipe, os exercícios de fixação do livro texto sobre as leis de Kepler;
- 3^o Da aula experimental sobre construções de elipses, 02 (*duas*) aulas;
- 4^o De uma tarefa teórica para casa constituída de dois exercícios sobre movimento circular uniformemente variado e velocidade areolar;
- 5^o De uma tarefa teórica para casa para construir uma tabela e gráficos sobre períodos e raios médios das órbitas dos planetas;
- 6^o Das aulas expositivas dialogadas sobre a Lei de Newton da Gravitação Universal, 02 (*duas*) aulas;
- 7^o De 04 (*quatro*) aulas expositivas dialogadas sobre as três deduções, que constavam na apostila entregue ao aluno: da força gravitacional; da variação do peso com a latitude e o trabalho da força gravitacional;
- 8^a Aplicação do pós-teste, 01 (*uma*) aula.

Após o pós-teste foi entregue o questionário, onde esperávamos que os alunos livres da pressão do vestibular pudessem respondê-lo com presteza e responsabilidade, considerando as prerrogativas do Colégio de Aplicação, ou seja, instituição de pesquisa, ensino e extensão.

Um dos fatores negativos na busca de dados foi à variação do universo pesquisado, ou seja, dos 32 (trinta e dois) questionários entregues somente 14 (*catorze*) foram devolvidos. Dos 21 (vinte e um) alunos que participaram do pré e pós-testes, somente 08 (oito) responderam ao questionário. Desses 21 (vinte e um) somente 14 (*catorze*) participaram da 3ª atividade da seqüência didática que foi as duas aulas geminadas sobre construção de elipse e a 1ª Lei de Kepler. Desses 14 (*catorze*), somente 11 (onze) entregaram o relatório R.1 sobre construção de elipse. Desses 14 (*catorze*), somente 05 (cinco) fizeram o relatório R.2 que versava sobre a velocidade areolar, 2ª Lei de Kepler e força central. Desses 14 (*catorze*), somente 08 (oito) fizeram o relatório R.3 que versava sobre a 3ª Lei de Kepler, construção de tabelas de dados sobre o Sistema Solar e o uso do Excel para construir gráficos. Dos 14 (*catorze*), somente 05 (cinco) fizeram os três relatórios. Desses 14 (*catorze*), somente 02 (dois) fizeram todas as atividades da seqüência didática que consistia nos três relatórios, nas biografias e questionário.

A tabela 3.4.1 mostra um apanhado geral dos alunos que participaram da pesquisa. Na última coluna indicamos o perfil do aluno em Física. Tal categorização se baseia nos resultados das avaliações feitas ao longo de 04 (quatro) anos de convivência. Categorizamos por (I) um desempenho inadequado, (R) um desempenho regular, (B) um bom desempenho e (OT) um ótimo desempenho escolar. O número do aluno pesquisado é diferente do nº de chamada do aluno na caderneta de freqüência.

Tabela 3.4.1 - Desempenho e Perfil escolar dos alunos que participaram da pesquisa.									
Nº	PARTICIPOU DA AULA EXPERIMENTAL	FEZ R.1*	FEZ R.2*	FEZ R.3*	FEZ: BIOGRAFIAS/QUESTIONÁRIO	OPTOU PELA ÁREA	NOTA DO PRÉ	NOTA DO PÓS	PERFIL DO ALUNO
01	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM / NÃO	HUMANA	4	5	I
02	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	?	4	2,5	I
03	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM / NÃO	EXATA	5	5	I
04	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM / SIM	SAÚDE	6	8	R
05	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM / NÃO	SAÚDE	8	7,5	B
06	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM / NÃO	HUMANA	1	3	I
07	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM / SIM	HUMANA	3	5,5	I

08	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	SAÚDE	1	6	I
09	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	?	10	8,5	B
10	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	?	7	8,5	R
11	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	EXATA	9	10	B
12	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	?	5	7	I
13	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	?	4	6	I
14	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	HUMANA	7	8	B
15	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	SAÚDE	9	10	OT
16	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	HUMANA	9	10	OT
17	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO / SIM	EXATA	7	10	OT
18	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM / NÃO	EXATA	7	7	R
19	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / NÃO	HUMANA	6	6	R
20	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	HUMANA	7	6	I
21	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO / NÃO	EXATA	10	9,5	OT
22	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO / SIM	SAÚDE	7,0	NC	I
23	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM / SIM	EXATA	8,0	NC	OT
24	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM / SIM	HUMANA	9,0	NC	B
25	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO / SIM	EXATA	9,0	NC	OT
26	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	EXATA	NC	10	I
27	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO / SIM	HUMANA	NC	NC	I

*Os termos R.1, R.2 e R.3 são os relatórios das práticas sobre as Leis de Kepler e NC não compareceu ao teste. Os modelos dos questionários para os relatórios estão nos apêndices.

No pré-teste 08 (oito) alunos tiraram notas abaixo de seis. No pós-testes 05 (cinco) alunos tiraram notas abaixo de seis.

Os conteúdos avaliados no pré e pós-testes foram trabalhados na intervenção didática de maneira implícita, ou seja, não houve aula de revisão desses conteúdos, devido ao calendário apertado por causas das greves..

Apresentaremos as questões e suas respectivas categorizações e análises.

Questionário para análise, da avaliação por parte dos alunos do CAP-UFPE - 3º ano –2004, sobre a seqüência didática adotada para a Lei de Newton da Gravitação Universal.

Nome: _____ Turma: _____

Este questionário contém várias perguntas que têm de ser lidas atentamente e respondida com segurança. Em algumas perguntas deve ser valorizado o grau de segurança (concordo ou discordo) como respostas das questões, assinalando-as com x. Assinale mediante o código:

a.() – Concordo.

b.() – Estou indeciso.

c.() – Discordo.

01. Após o término do ensino médio você pretende continuar seus estudos? E em que área?

Dos 14 (catorze) alunos que responderam o questionário 06 (seis) optaram pela área de humanas, 04 (quatro) área de exatas e 04 (quatro) pela área biológica.

A grade curricular da escola favorece a área de humanas, haja vista, a carga horária de Física ser: 02 (duas) aulas na 8ª série do Ensino Fundamental; no Ensino Médio 03 (três) aulas na 1ª e na 2ª séries e 04 (quatro) aulas na 3ª série.

02. As questões do pré-teste indicam os pré-requisitos necessários e suficientes para um bom entendimento da Lei de Newton da Gravitação Universal.

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordou sem justificar.	20	7,14%
a.2. Concordo. O pré-teste tem questões básicas sobre MCU, MCUV, Cinemática Vetorial e Dinâmica que são necessárias e suficientes para a compreensão da Gravitação Universal.	04; 08; 11; 17; 22; 23; 24	50,00%
b.1. Estou indeciso. Não justifiquei	27	7,14%
b.2. Estou indeciso. Não se lembra o que exigido no pré-teste.	07	7,14%
b.3. Estou indeciso. Talvez faltaram alguns conceitos sobre elipse,	25	7,14%

como área, por exemplo.		
b.4. Estou indeciso. É bom já ter lido antes o assunto ou estudado em grupo, antes de ir fazer os exercícios.	26	7,14%
b.5. Estou indeciso. Como pré-requisitos são necessários e suficientes. Mas não devem ser os únicos instrumentos utilizados para o entendimento utilizados dessa lei.	16	7,14%
Não respondeu a questão.	15	7,14%

Ao fazer a pesquisa tínhamos como objetivo verificar se a metodologia das deduções ajudava na aprendizagem por recepção significativa, pois, todos os conteúdos foram trabalhados, nas 8ª, 1ª e 2ª séries, seguindo uma hierarquização de pré-requisitos. Ou seja, esperava-se que tais conceitos, definições e proposições estivessem nas suas estruturas cognitivas dos alunos.

Na 2ª questão, dos cinco alunos que não concordavam com a afirmativa, três (07; 26 e 27) já não assistiam aulas com regularidade principalmente neste 2º semestre de 2004. Dois alunos (16 e 25) que não concordaram com a afirmativa não tinham dificuldades em Física, e ficamos surpresos com suas respostas.

03. A apresentação do filme “Universo Mecânico” é uma atividade motivadora, pois, mostra como o conhecimento científico é construído por: acumulação, por rupturas de paradigmas, e é uma construção humana e coletiva.

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. O filme é um pouco monótono, porém importante para que se entenda que o conhecimento científico não é construído facilmente num passe de mágica, para obtê-lo são necessários o estudo e a dedicação.	11; 16; 22; 23	28,57%
a.2. Concordo sem justificar.	20	7,14%
a.3. Concordo. Outras categorias.	26	7,14%
3.b.1. Estou indeciso. Estes conteúdos foram visto sim, no filme. Mas a forma como os conteúdos são trabalhados no filme é um pouco cansativa.	15; 17	14,29%

3.b.2. Estou indeciso. Não prestei atenção ao filme para justificar este item	25	7,14%
3.b.3. Estou indeciso. Não sei se poderia defini-lo como atividade motivadora, mas soube passar o que queria.	04	7,14%
Não assistiram ao filme.	07; 08; 24; 27	28,57%

O filme documentário foi usado como organizador prévio, para influenciar a estrutura cognitiva do aluno de maneira substantiva, ao apresentar o paradigma daquela época, mostrando que o conhecimento humano é feito por acumulações e rupturas. Mostrando as dificuldades que tiveram Galileu e Kepler para defender suas idéias.

Tivemos algumas dificuldades na projeção da fita, problemas com o vídeo, ao invés de 02 (duas) aulas levamos 03 (três) aulas na apresentação. O filme contemplava os PCN quanto às competências e habilidades em relação à contextualização sócio-cultural. Após o filme os alunos fizeram uma atividade, estudo dirigido, do livro-texto sobre as Leis de Kepler e eles conseguiram resolver as questões sem grandes dificuldades.

04. A experiência sobre construção da elipse é uma atividade significativa para a aprendizagem dos conceitos, definições e relações dos parâmetros da elipse.

Tabela 3.4.4 – Categorização da 4ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Esta atividade mostra de forma dinâmica as propriedades da elipse e facilita o entendimento do conceito como excentricidade.	04; 07; 11; 15; 17; 20; 22; 23; 24; 25; 27	78,57%
4.b.1. Estou indeciso. É um caminho diferente e interessante, mas como eu já tinha esses conhecimentos, adquiridos nas aulas de Matemática, acho difícil afirmar que eles poderiam ter sido obtidos na experiência. O uso de livro nesse assunto continua sendo indispensável.	16	7,14%
Não participaram da aula experimental.	08; 26	14,29%

A aula experimental aplicada a 30 (trinta) alunos dos 46 (quarenta e seis) alunos, tinha como objetivo criar subsunçoes para que servissem de ancoras para a 1ª Lei de Kepler. Esperávamos que ocorresse aprendizagem por *descoberta significativa*.

Quanto à resposta do aluno 16, o fato do assunto ter sido visto em Matemática, ajuda na execução da construção da elipse e se percebe melhor a relação entre os seus parâmetros, porém julgamos que não invalida a afirmativa da questão.

05. *Você teve dificuldades em fazer o relatório R.1, sobre a prática da construção da elipse? Caso afirmativo, indique quais os itens:*

No apêndice A, p.135 é apresentado o questionário do relatório R.1.

Categoria	Aluno	Percentual
1. Em geral não. As fórmulas eram facilmente deduzidas com ajuda de livros. As questões no final, no entanto, eram mais complexas.	04; 16; 20; 24; 27	35,71%
2. Sim, pois, o meu interesse por Física é pouco, dificultando o meu aprendizado.	22	7,14%
3. Sim, na dedução das fórmulas e ao procurar as informações pedidas a respeito dos planetas do Sistema Solar.	07	7,14%
4. Sim, na dedução proposta na 26ª questão.	17; 23; 25;	21,43%
5. Não fez o relatório.	08; 11; 15; 26	28,57%

O questionário do relatório R.1 versava sobre elementos da construção geométrica da elipse, questões sobre erros de medidas, questões sobre geometria analítica e sobre a relação entre eixo maior e raio médio da elipse. A questão 26 foi colocada como desafio. Ou seja, estava *testando* se a linguagem de coordenadas polares poderia ser abordada para alunos da 3ª série do ensino médio. Os alunos que fizeram o relatório R.1 precisaram de uma ajuda do professor para fazer a 26ª questão, eles tinham desistidos de fazer a questão por ser extensa.

Parte da resposta do aluno 07 não tem sentido, pois não foi pedido nada a respeito do Sistema Solar nesse relatório, ele deve ter confundido com o 3º relatório.

06. A prática sobre construção da elipse ajuda significativamente na sua compreensão sobre a 1ª Lei de Kepler.

Tabela 3.4.6- Categorização da 6ª questão.		
Categoria	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Ajuda a entender os elementos da elipse, melhorando a compreensão da lei.	04; 15; 17; 20; 23; 24; 25	50,00%
b.1. Estou indeciso. Não justificou.	07; 22	14,29%
c.1. Discordo. Acho que teria aprendido da mesma forma, já que tinha aprendido elipse nas aulas de Matemática. É uma atividade útil quando se tem tempo disponível, mas, no caso da 3ª Série do CAP, outra estratégia seria melhor, devido ao encurtamento do ano.	16	7,14%
Não participou da aula experimental.	08; 11; 26; 27	28,57%

A resposta do aluno 16 indica uma forte preocupação com o vestibular. Pelo aluno, o professor deveria ter uma postura mais pragmática menos construtivista, ou seja, a visão do aluno seria de um professor prestador de serviço. Achemos incoerente a preocupação do aluno, haja vista a quantidade de aulas extras ministradas pelo professor para cumprir o programa do vestibular e a finalidade do Colégio de Aplicação.

07. A 4ª atividade da seqüência didática, construção da tabela sobre velocidade areolar e cálculo da velocidade areolar em MCV, tem como objetivo, mostrar que a força entre o Sol e o planeta é uma força central, ou seja, uma força que aponta na direção da reta que passa pelos centros de massas dos corpos. Esta atividade consegue, com os recursos físicos e matemáticos do ensino médio, tal objetivo.

Tabela 3.4.7 – Categorização da 7ª questão.		
Categoria	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. É possível compreender utilizando recursos do	04; 17; 24;	28,57%

Ensino médio.	25	
c.1. Discordo. O conhecimento no Ensino Médio está um tanto quanto distante de tanto conhecimento. Porém, por ser muito difícil, não acho que esse tipo de ensino devesse entrar no ensino médio, visto que nem todos são obrigados a aprender disciplina de maneira tão intrínseca.	22	7,14%
Não fez o relatório R.2.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

O não fazer este relatório indicou para nós a falta de compromisso com o professor, o imediatismo devido ao vestibular, e de se saber que o não fazer o relatório, não geraria prejuízos na avaliação, pois os mesmos e os outros que desdenharam da disciplina estavam convictos de que não seriam reprovados na 3ª série, devido à postura benevolente dos membros do *Conselho de Classe*.

Quanto à resposta do aluno 22, discordamos, pois, todos os passos dados na demonstração respeitam a hierarquia dos conteúdos. O imediatismo do aluno fazia com que ele não tivesse interesse de estudar Física em nível de justificativa. O aluno sempre mostrou dificuldades em Física e foi sendo promovido de ano pelos Conselhos de Classes, acumulando deficiência de pré-requisitos.

08. A 4ª atividade ajuda na compreensão sobre velocidade areolar de um planeta e sua relação com a 2ª Lei de Kepler.

Categoria	aluno	Percentual
a.1. Concordo. Ajuda porque “abre o leque” do conhecimento explicando que as coisas não acontece do nada.	22	7,14%
a.2. Concordo. Pois, houve comprovação.	04	7,14%
a.3. Concordo. Trata de conhecimento básico para compreensão da 2ª Lei de Kepler.	24	7,14%
b.1. Estou indeciso Achei que a 4ª atividade ficou mais como	25	7,14%

uma coleta e organização de dados.		
b.2. Estou indeciso. No 2º problema o conceito de velocidade areolar se torna um pouco confuso, pelo fato da demonstração não ter resultado igual ao do enunciado.	17	7,14%
Não fez o relatório.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

O aluno 25 comete o equívoco de chamar coleta de dados o ato de calcular e preencher os dados de uma tabela. Seria uma mera coleta de dados se eles já estivessem disponíveis em alguns sites da Internet ou em livros. O aluno 17 não concluiu a questão, ele não foi até o final da mesma. O aluno 22 se contradiz em relação à resposta da questão anterior.

09. *Você teve dificuldades para preencher a tabela da 4ª atividade, caso afirmativo, quais?*

Categoria	Aluno	Percentual
1. Sim, principalmente na busca dos dados.	24	7,14%
2. Sim, pois eu realmente não domino esse grau de complexidade.	22	7,14%
3. Sim, achar o valor da constante.	25	7,14%
4. Não teve dificuldades.	04; 17	14,29%
5. Não fez o relatório R.2.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

O aluno 25 confundiu o 2º relatório com o 3º que procurava determinar a constante da 3ª lei de Kepler.

O que o aluno 24 quis dizer, era que o preenchimento da tabela foi trabalhoso, pois, os dados eram encontrados através da aplicação de conhecimentos sobre MCUV. E isso exigia um pouco mais de atenção.

10. Você teve dificuldade para resolver a questão nº 02 da 4ª atividade, caso afirmativo, qual?

Categorias	Aluno	Percentual
1. Sim, o resultado obtido com a demonstração não foi o esperado do enunciado.	17; 25;	14,29%
2. Sim, em organizar a atividade.	24	7,14%
3. Não teve.	04	7,14%
4. Não lembra da questão.	22	7,14%
5. Não fez o relatório R.2.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

A 2ª questão era uma síntese da 1ª que estava em forma de preenchimento de uma tabela sobre espaço angular, variação do espaço angular e velocidade areolar de um MCUV particular. A questão do tipo literal exigia uma maior atenção na sua resolução. Quanto ao aluno 24 ou ele confundiu a questão ou organizar a atividade é aplicar os conhecimentos em MCUV para solucionar a questão e como ele tinha dificuldade de pré-requisitos a questão se tornou difícil.

11. Esta 4ª atividade ajuda na compreensão da 2ª Lei de Kepler.

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não justificou.	22	7,14%
a.2. Concordo. Trata de conhecimento básicos para a compreensão da 2ª Lei de Kepler.	04; 24	14,29%
a.3. Concordo. A atividade ajuda a reforçar a trabalhar com o conceito de velocidade areolar.	17	7,14%
b.1. Estou indeciso. Achei a 4ª atividade mais uma coleta e organização de dados.	25	7,14%
Não fez o relatório.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

Ou o aluno 25 confundiu os relatórios ou ele realmente não percebeu a relação entre força central e a 2ª Lei de Kepler.

12. Esta 4ª atividade é também uma boa revisão sobre: Cinemática Escalar na linguagem linear e angular, Cinemática Vetorial, elementos de Geometria Euclidiana e sobre Dinâmica do MCUV.

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Consegue-se rever todos esses conhecimentos.	04; 17; 22; 24; 25	35,71%
Não fez o relatório.	07; 08; 11; 15; 16; 20; 23; 26; 27	64,29%

A tarefa da 4ª etapa da seqüência didática, apêndice B, tinha como objetivo mostrar de maneira indireta, que se a velocidade areolar é constante, ou seja, um corolário da 2ª Lei de Kepler, a força entre o Sol e o planeta é central, ou seja, aponta na direção da reta que passa pelos seus centros. E que no caso das órbitas circulares a força resultante é totalmente centrípeta. Ela versava sobre cinemática angular, elementos de geometria euclidiana, cinemática vetorial. Esperávamos que ocorresse *aprendizagem por descoberta significativa*. Os alunos, nos seus imediatismos para o vestibular, na sua maioria, não fizeram o relatório R.2. A não execução do relatório R.2 por parte dos alunos (15, 16 e 23) foi uma surpresa desagradável.

13. Na 5ª atividade você teve dificuldades para preencher a 2ª e 3ª coluna da tabela? Quais?

Categorias	Aluno	Percentual
1. Sim, achar os dados.	24	7,14%
2. Não, visto que, os dados eram facilmente achados na Internet.	04; 17; 23; 25	28,57%
3. Não respondeu.	07	7,14%
4. Não fez o relatório.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,14%

Novamente tivemos um número elevado de alunos que não fizeram a atividade.

14. O preenchimento da tabela da 5ª atividade, ajuda a você perceber a regularidade que infere a 3ª Lei de Kepler.

Tabela 3.4.14 – Categorização da 14ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Ela mostra na prática, o que se aprende na teoria.	25	7,14%
a.2. Concordo. Devido aos dados.	04	7,14%
a.3. Concordo. Através desta atividade o aluno pode demonstrar, sozinho, com os dados experimentais, a 3ª Lei de Kepler.	17	7,14%
a.4. Concordo. Principalmente no que diz respeito às análises dos gráficos.	23	7,14%
b.1. Estou indeciso. Não estou certa de ter compreendido bem a 3ª Lei de Kepler.	24	7,14%
Não respondeu.	07	7,14%
Não fez o relatório R.3.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,14%

O aluno 24 não descobriu a 3ª lei de Kepler, talvez por não ter pesquisado na Internet ou ter achado cansativo.

15. O preenchimento dos dados da tabela é uma atividade motivadora para uma aprendizagem mais significativa.

Tabela 3.4.15 – Categorização da 15ª questão		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. O preenchimento da tabela coloca a teoria física mais perto da prática.	17	7,14%

a.2. Concordo. Foi bastante interessante garimpar as informações.	23	7,14%
b.1. Estou indeciso. Acho que não diria como atividade motivadora só não sei como expressar.	04	7,14%
b.2. Estou indeciso. A atividade em si é um pouco chata.	24	7,14%
c.1. Discordo. Não justificou.	07	7,14%
c.2. Discordo. Apesar de ser útil é muito entediante.	25	7,14%
- Não fez o relatório.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,14%

16. *Você teve dificuldade em usar o Microsoft Excel, caso afirmativo, qual?*

Categorias	Aluno	Percentual
1. Sim. Pois não domínio o programa Excel.	24	7,14%
2. Não.	04; 17; 23; 25	28,57%
3. Não respondeu.	07	7,14%
4. Não fez o relatório R.3.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,14%

Provavelmente o fato de não saber usar o programa Excel dificultou a aprendizagem por descoberta significativa, do aluno 24, que esperávamos que ocorresse no final da atividade.

17 *A atividade de construir os gráficos: $R \times T$, $R \times T^2$, $R \times T^3$, $R^2 \times T$, $R^2 \times T^2$, $R^3 \times T$, $R^3 \times T^2$, no Microsoft Excel, fornece uma dimensão de quanto foi difícil para Kepler, naquela época sem os recursos da computação, achar a relação de linearidade entre as grandezas raio médio R da órbita e período T do planeta, ou seja, formular a sua 3ª lei.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo - Os recursos de computação tornaram a construção dos gráficos mais dinâmica.	17; 25	14,29%
a.2. Concordo - Não justificou.	07	7,14%

a.3. Concordo - Devido às tentativas.	04	7,14%
a.4. Concordo - Devido à falta de ferramentas.	24	7,14%
a.5- Achei a atividade bastante didática. No início você vê os gráficos sem nenhuma regularidade e ao final você percebe uma bela reta.	23	7,14%
Não fez o relatório R.3.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,14%

18 *O uso do Microsoft Excel é um recurso adequado para inferir a 3ª Lei de Kepler.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Devido as suas utilidades.	24; 25	14,29%
a.2. Concordo. O preenchimento da tabela coloca a teoria física mais perto da prática.	04	7,14%
a.3. Concordo. Como a 3ª lei é empírica e precisou ser encontrada, por tentativa, o uso do computador, é de grande ajuda.	17	7,14%
Não respondeu.	07; 23	14,29%
Não fez o relatório.	08; 11; 15; 16; 20; 22; 26; 27	57,29%

A resposta do aluno 17 nos contempla, pois, queríamos que houvesse essa percepção da descoberta por tentativas. Esperávamos uma resposta favorável do aluno 23, devido ao seu comentário na questão anterior.

Na 5ª atividade da seqüência, ver apêndice C, p. 141, tínhamos como objetivo inferir a 3ª Lei de Kepler, através da construção de uma tabela com dados do Sistema Solar, nesse momento o aluno estaria consultando livros e Internet para completar a tabela e construir através do software Excel gráficos que relacionavam períodos, do movimento de revolução, com os raios médios das órbitas, na busca de uma regularidade ou linearidade dos dados que mostraria a relação da 3ª Lei de Kepler. Novamente esperávamos que ocorresse aprendizagem por

descoberta significativa e não mais, uma mera memorização de uma Lei. Nesse momento também estaríamos contemplando os PCN no que diz respeito às competências e habilidades em representação e comunicação.

08 (oito) alunos dos 14 (catorze) não fizeram o relatório R.3. Vemos assim, que o imediatismos dos alunos prejudicou sensivelmente o resultado da pesquisa.

19 *Você assistiu à aula da dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal? Caso negativo por quê?*

Tabela 3.4.19 – Categorização da 19ª questão.

Categorias	Aluno	Percentual
1. Não, porque na época estava atrasada no assunto, então se eu fosse ficaria perdida, achei melhor ficar sem assistir e me atualizar no assunto.	26	7,14%
2. Não, não sabe o motivo.	25	7,14%
3. Não, provavelmente porque estava estudando outra disciplina no horário da aula de Física.	07	7,14%
4. Não, porque eu sei dos meus potenciais, não me interessava profundidade na Física nesse ano de 2004.	22	7,14%
5. Sim, e achei a aula, bastante interessante, tendo em vista o desenvolver da dedução.	15	7,14%
6. Sim.	04; 11; 16; 17; 20; 23; 24; 27	57,14%
7 Não respondeu.	08	7,14%

Dos alunos (04; 07; 08; 23; 24; 25; 26) da 3ª série A, não assistiam aulas os alunos (07; 08; 26) cujos perfis escolares já eram considerados inadequados. Dos alunos (11; 15; 16; 17; 20; 22; 27) da 3ª série B, os alunos (20; 22 e 27), apesar de assistirem às aulas, apresentavam desempenhos escolares inadequados.

Os alunos das áreas de humanas preferiram investir seu tempo de estudo em outras disciplinas cujos pesos no vestibular eram maior do que o de Física, do que acompanhar o nível do curso de Física que estava sendo dado desde a 8ª série do Ensino Fundamental.

20 *Sabendo que os atuais livros textos não abordam tal dedução, saber fazê-la é uma atividade motivadora, pois, coloca você num nível de compreensão maior do que uma simples memorização de uma Lei.*

Tabela 3.4.20 – Categorização da 20ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. A dedução é importante pela construção do conhecimento; dá uma idéia ampla e aprofundada da matéria. Preocupava-nos, no entanto, algumas deduções longas, que ocupavam toda aula, quando tínhamos pouco tempo disponível.	16; 17; 25;	21,43%
a.2. Concordo. É uma forma de o aluno não apenas memorizar a fórmula, mas também entender o porque daquilo, facilitando a compreensão geral do assunto.	11; 20; 27	21,43%
a.3. Concordo. Não justificou.	23	7,14%
a.4. Concordo. Porém a metodologia poderia ser diferente.	07	7,14%
a.5. Concordo. Para isso, é necessário o interesse do aluno e o posterior estudo individual.	15; 26	14,29%
b.1. Estou indeciso. Acho que é mais interessante para quem vai seguir o ramo da Física.	04; 24	14,29%
c.1. Discordo. Depende do grau de interesse que se tem em aprender Física.	22	7,14%
Não respondeu a questão.	08	7,14%

A resposta do aluno 22 é relevante, pois, vem confirmar aquilo que Novak fala, que é o *interesse do aluno*. Apesar do acompanhamento ao longo dos quatro anos, onde a hierarquização da disciplina foi sempre respeitada, apesar da dedicação do professor, que dava inúmeras aulas extras, tudo isso não foram motivos para despertar o interesse no aluno para estudar Física no nível de justificativa. Mesmo assim, o aluno optou em fazer vestibular para nutrição.

21. *Na dedução da lei da Gravitação Universal são pertinentes os passos adotados, pois, são usados recursos físicos e matemáticos que estão ao alcance de um aluno do ensino médio. Visto que as três leis de Newton, as três leis de Kepler, elementos de Geometria Euclidiana, conceitos e definições da cinemática escalar e vetorial são os pré-requisitos para tal dedução e estes foram trabalhados em etapas anteriores.*

Tabela 3.4.21 – Categorização da 21ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não justificou.	20; 23	14,29%
a.2. Concordo. Os pré-requisitos necessários para o desenvolvimento da dedução não estão acima do nível do Ensino Médio, de forma que, considerando-se as etapas anteriores nos quais tais pré-requisitos foram trabalhados, os alunos não devem apresentar maiores dificuldades na aprendizagem desse conteúdo.	04; 15; 16; 17; 24; 25; 27	50,00%
b.1. Estou indeciso. Talvez demonstrar uma lei cujos pré-requisitos são de tal forma numerosos e aprofundados (ainda que ao nosso alcance) seja exigir demais de um aluno cujo interesse não reside nas ciências exatas.	11	7,14%
c.1. Discordo. Acho que estes passos poderiam ser reduzidos aos apenas necessários.	26	7,14%
c.2. Discordo. Alguns dos conhecimentos não foram trabalhados de forma satisfatória.	22	7,14%
Não respondeu a questão.	07; 08	14,29%

A resposta do aluno 11, talvez seja uma justificativa para os alunos de humanas que não valorizavam as aulas, pois o mesmo optou por fazer ciências biológicas e engenharia. E para um futuro estudante de engenharia é de suma importância saber o porque das coisas.

Talvez as dificuldades de pré-requisitos dos alunos 22 e 26 justifiquem suas respostas.

A 21ª questão avaliava se eles percebiam a importância dos pré-requisitos na construção da lei.

22 *Sabendo como a lei foi deduzida, temos mais domínio quanto ao seu manuseio nas questões.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não Justificou.	07	7,14%
a.2. Concordo. Acaba por não haver memorização e sim raciocínio. Mas corre-se o risco de afastar pessoas, pois o nível de complexidade é alto.	04; 22	14,29%
a.3. Concordo. Ao entender um assunto (ou uma lei) torna-se bem mais fácil aplicá-lo conscientemente e com segurança.	11; 16; 20; 23; 24; 25; 27	50,00%
a.4. Concordo. Há questões em que a fórmula final não ajuda na solução, para estas é necessário saber os passos intermediários que levaram à conclusão da fórmula.	17	7,14%
b.1. Estou indeciso. Para se considerar a afirmativa acima, tem-se de pensar no nível em que o conteúdo será cobrado do aluno. Às vezes, saber a dedução não faz tanta diferença em determinadas questões.	15	7,14%
Não respondeu a questão.	08	7,14%

A 22ª questão avaliava se a dedução ajudava ou não a dominar mais o conteúdo. 12 (doze) alunos concordaram com afirmativa.

Quanto à resposta do aluno 15, que vai fazer Psicologia, no futuro ele perceberá a diferença entre uma aprendizagem por recepção mecânica de uma por recepção significativa.

23 *A dedução da Lei da Gravitação Universal leva-o a uma aprendizagem mais significativa.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não justificou.	07; 11	14,29%

a.2. Concordo. Na medida em que, de uma forma ou de outra, conhecer o porquê de determinada coisa, muitas vezes, se mostra como um diferencial.	15	7,14%
a.3. Concordo. O conhecimento da dedução da fórmula, quando acessível a um aluno do Ensino Médio, ajuda na compreensão e na análise da questão, necessárias para a realização das contas e para a resolução das questões.	04; 16; 17; 20; 22 23; 24; 25; 26; 27	71,43%
Não respondeu a questão.	08	7,14%

A 6ª atividade deduzir a Lei da Gravitação Universal usando aula expositiva dialogada (através do quadro, do retroprojeter e da apostila), nesse momento, nosso objetivo ao deduzir a lei era de favorecer a uma aprendizagem por recepção significativa dos alunos. Levamos duas aulas de 50 min cada.

O aluno 08 tinha uma baixa frequência e provavelmente não assistiu às aulas de dedução da Lei, pois apesar de não fazer chamada de forma sistemática não percebia sua presença na sala.

Na 23ª questão, para os alunos “significativa” pode representar “mais consistente”. 13 (treze) alunos concordaram com a afirmativa.

24 *Você recebeu a apostila com as três demonstrações: Lei da Gravitação Universal, Variação do Peso com a Latitude e Trabalho da Força Gravitacional e Energia Potencial Gravitacional? Caso negativo por quê?*

Categorias	Aluno	Percentual
1. Sim	04; 07; 08; 15; 16; 17; 20; 23; 24; 26; 27	78,57%
2. Não, nem todas, pois não fui a todas as aulas.	22	7,14%
3. Não. Acho que faltou uma provavelmente por que faltei, a aula em que foi entregue.	11	7,14%
4. Não. Não sei responder.	25	7,14%

Dos catorze alunos que responderam ao questionário 11 (onze) confirmaram que receberam a apostila com as três deduções. Os três assuntos estavam numa única apostila.

25 *Você entendeu por que o peso de uma pessoa varia com a latitude? Justifique sua resposta.*

Categorias	Aluno	Percentual
1. Sim, porém não justificou.	04; 15	14,29%
2. Sim, pois a Terra não é esférica e à medida que a latitude varia, vão se modificando as distâncias para o centro da Terra.	08; 11; 20	21,43%
3. Não, porém não justificou.	07; 24 25; 26	28,57%
4. Sim, porque há variação na pressão.	22	7,14%
5. Sim, por causa da direção do vetor força gravitacional.	17	7,14%
6. Não, por não ter prestado tanto atenção nas aulas e por ter um grande número de faltas, me considero ignorante neste assunto.	27	7,14%
7. Não, pois depois da aula, eu não estudei esse assunto em casa, atitude importante para a fixação da matéria.	16	7,14%
8. Não respondeu.	23	7,14%

A resposta mais estranha é a do aluno 22, como ele relacionou a pressão com a latitude, ou provavelmente ele confundiu latitude com altitude.

Os alunos (15, 16 e 23) participaram da maioria das aulas e esperávamos uma maior contribuição à pesquisa ao responder as questões, como esta, o que não aconteceu.

26 *A justificativa da variação do peso com altitude, usou conhecimentos físicos e matemáticos que estão acima do nível da Física e da Matemática do ensino médio.*

a.() – Concordo.

b.() – Estou indeciso.

c.() – Discordo

A questão foi desconsiderada na pesquisa, pois, o objetivo era comparar a dedução da variação do peso de um corpo com a **latitude** feita na apostila com as transposições didáticas dos livros-texto do Ensino Médio e no texto está escrito **altitude**.

27 A justificativa da variação do peso com a latitude feita na apostila é mais esclarecedora do que as feitas nos livros-texto do ensino médio que você conhece.

Tabela 3.4.26 – Categorização da 27ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Por comparação feita, é mais clara por ser bem explicada.	04; 08; 24	21,43%
b.1. Estou indeciso. Não justificou.	07	7,14%
b.2. Estou indeciso. Não li as justificativas de outros livros para fazer as comparações.	16; 17; 20; 25; 26; 27	42,86%
c.1. Discordo. Ela é complicada por ser densa.	22	7,14%
- Um aluno afirmou que não estudou essa parte da apostila.	15	7,14%
- Um aluno afirmou que não recebeu a apostila.	11	7,14%
- Um aluno não respondeu.	23	7,14%

Os alunos (16; 17; 20; 25; 26 e 27) nem si quer compararam a demonstração da apostila com a do livro-texto “FÍSICA volume 1” de Beatriz e Máximo, indicando talvez pouca atenção ao capítulo de Gravitação Universal por ser pouco explorado no vestibular da Covest.

A resposta do aluno 22 mostra as dificuldades de ir buscar na sua estrutura cognitiva os pré-requisitos para a dedução da proposição que é a variação do peso com a latitude.

A dedução da variação do peso com a latitude utiliza, como pré-requisitos, o conceito de referencial inercial, as Leis de Newton, as leis dos senos e co-senos na soma de vetores e todos esses conhecimentos foram trabalhados em etapas anteriores.

28 A demonstração do trabalho da força gravitacional é trabalhosa, e usa conhecimentos físicos e matemáticos que não estão ao alcance do aluno do ensino médio.

Tabela 3.4.27 – Categorização da 28ª questão.

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Pela análise das aulas dadas.	04	7,14%
a.2. Concordo. Tendo em vista um maior esforço das pessoas de Física.	24	7,14%
b.1. Estou indeciso. Não viu a demonstração.	25	7,14%
b.2. Estou indeciso. Não se lembra da demonstração.	08; 16	14,29%
b.3. Estou indeciso. Ela é trabalhosa, porém usa conhecimentos que estão ao nível do aluno.	20	7,14%
c.1. Discordo. Não justificou.	07	7,14%
c.2. Discordo. Ser do Ensino Médio não implica em ser capaz ou não de tal conhecimento. O que mais pesa é o <i>interesse do aluno</i> .	22; 26	14,29%
c.3. Discordo. Trabalhosa sim, mas não utiliza elementos os quais não estão ao nosso alcance.	11; 17; 27	21,43%
- Um aluno informou que não estudou essa parte da apostila.	15	7,14%
- Um aluno não respondeu.	23	7,14%

Na 7ª atividade da seqüência didática tínhamos como objetivos que ocorresse aprendizagem por recepção significativa, já que estávamos procurando influenciar de maneira programática a Estrutura Cognitiva do aluno. A demonstração do trabalho da força gravitacional para o Ensino Médio, através do uso do somatório era um resgate do trabalho feito pelo Pauli no livro FÍSICA 1 da EPU. Tal demonstração ajuda ao aluno a desenvolver subsunçores para entender no futuro próximo o que é uma integral de linha. Não devemos deixar o uso do somatório como algo exclusivo para os matemáticos usarem em PA e PG ou em séries.

29 *As aulas baseadas em deduções ajudam na formação de uma mente mais criteriosa.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não justificou.	07; 23	14,29%
a.2. Concordo. Se o aluno compreender como foram deduzidas as fórmulas que ele utiliza, ele terá mais desenvoltura na resolução de problemas.	16; 17; 26;	21,43%

a.3. Concordo. Instigar a busca pelo conhecimento e pelos porquês das coisas nos alunos é sempre bom; e as deduções auxiliam esse processo. Não se trata apenas de aceitar o que é dito.	15; 20; 22	21,43%
a.4. Concordo. Aumentam o entendimento de tal dedução e não somente uma memorização de fórmulas.	11; 25; 27	21,43%
b.1. Estou indeciso. Não justificou.	04	7,14%
b.2. Estou indeciso. Talvez cause desinteresse.	08	7,14%
b.3. Estou indeciso. Não sei se a palavra certa seria criteriosa.	24	7,14%

Esperávamos uma contribuição maior à pesquisa do aluno 23, tendo em vista seu ótimo desempenho escolar.

30 *As aulas baseadas em deduções preparam o aluno tanto para a Universidade quanto para fazer o vestibular.*

Categorias	Aluno	Percentual
a.1. Concordo. Não justificou.	07; 11 16;	21,43%
a.2. Concordo. No caso do vestibular, para as questões literais. Para a Universidade, para uma aprendizagem mais profunda. Vale refletir, no entanto, se são realmente necessárias deduções muito longas e complicadas no Ensino Médio, quando essas, de qualquer maneira, serão vistas na faculdade e considerando o pouco tempo disponível para as aulas.	24	7,14%
a.3. Concordo. Deduções são sempre importantes, mesmo que não as decore. Só a idéia já é uma grande coisa.	25	7,14%
a.4. Concordo. Apesar de tomar um tempo maior da aula, acarretando atraso no programa.	08; 20	14,29%
b.1. Estou indeciso. Talvez as aulas baseadas em deduções preparem muito mais o aluno para a Universidade do que para o vestibular, uma vez que o trabalho com as demonstrações exige um tempo não-compatível com a realidade do aluno do Ensino Médio, principalmente	04; 15; 17; 22; 27	35,71%

aqueles que fazem o 3º ano.		
c.1. Discordo. Para o vestibular querendo ou não o modo de fórmulas é mais rápido e economiza tempo e só exige a prática dos exercícios.	23; 26	14,29%

As respostas dos alunos mostram como é forte a influência do vestibular no Ensino Médio, a ponto de querer que o professor mesmo num Colégio de Aplicação, direcione sua metodologia de ensino para adestrá-los a fazer as possíveis questões que possam cair na prova do vestibular. O que mais nos frustra é que foram nossos alunos desde da 8ª série do Ensino Fundamental, onde a disciplina Física foi sempre trabalhada no nível de justificativa.

31 Se tivesse de escolher, entre um professor que defende uma linha pedagógica que favorece as deduções e outro mais pragmático que apresenta e aplica as leis e fórmulas sem uma justificativa maior, qual você escolheria e por quê?

Tabela 3.4.30 – Categorização da 31ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
1. É muito difícil essa resposta mais, o pragmático, por ser mais objetivo, atrai mais e eu escolheria esse.	22; 23; 26	21,43%
2. O primeiro, pois, desta maneira é mais interessante o aprendizado.	07; 08; 11; 17; 25; 27	42,86%
3. Nenhum dos dois. Escolheria um meio-termo, um professor que soubesse discernir, quando as deduções são necessárias e quando são dispensáveis. O professor que soubesse otimizar o tempo, em virtude do vestibular.	04; 15; 16; 24	28,57%
4. Não soube responder.	20	7,14%

Os alunos (15; 16; 23 e 24) não perceberam que o professor tinha discernimento do que fazia, sabia o que era mais importante e como deveria ser trabalhado.

32 Qual a sua impressão sobre o ensino baseado em deduções como instrumento para uma aprendizagem mais consistente e significativa?

Tabela 3.4.31 – Categorização da 32ª questão.		
Categorias	Aluno	Percentual
1. Para quem quis aprender terá uma bagagem de conhecimento ampla e diferente de muitas pessoas.	22; 27	14,29%
2. Bastante útil para quem vai seguir a área das ciências exatas.	24	7,14%
3. Acho que as deduções são muito importantes, mas, no nosso caso, era complicado quando uma dedução ocupava uma aula inteira e sabíamos que havia pouco tempo para terminar o ano. Não defendo uma simples memorização de fórmulas, mas acho que, em alguns casos, era possível entender a fórmula sem sua dedução.	04; 07; 16	21,43%
4. Acho bastante válida quando leva o aluno a pensar em como chegar às fórmulas.	11; 17; 20; 25	28,57%
5. Dispendioso, porém eficaz, tudo depende do interesse.	08	7,14%
6. Uma impressão de dificuldade e um bocado complicado.	26	7,14%
7. Não respondeu a questão.	15	7,14%
8. Se não existisse vestibular seria uma das melhores formas de aprender Física. Porém não apenas ficar deduzindo dentro da sala de aula. Procurar mostrar a parte prática também. Procurar as aplicações cotidianas para motivar o aluno a estudar com mais veemência.	23	7,14%

33 *Você fez vestibular para que curso?*

Tabela 3.4.32 – Categorização da 33ª questão	
ALUNO	CURSO
25	Ciência da Computação
22	Nutrição
08	Medicina
04	Medicina
26	Engenharia Química (UFPE) e Engenharia Mecatrônica (UPE)
07	Ciências Sociais
17	Engenharia da Computação
20	Economia
16	Jornalismo (UFPE) e Administração (UPE)

15	Psicologia
11	Ciências Biológicas (UFPE) e Engenharia de Telecomunicações (UPE)
24	Direito
27	Desenho Industrial
23	Ciências da Computação (UFPE) e Engenharia Mecatrônica (UPE)

34 De que forma a metodologia das deduções, adotada pelo professor, no ensino da Física, ajudou na sua escolha do curso do Ensino Superior.

Categorias	Aluno	Percentual
1. A metodologia <i>atraiu</i> o aluno para a área das Ciências Exatas.	11; 17; 23; 25;	28,57%
2. A metodologia <i>afastou</i> o aluno da área das Ciências Exatas.	07; 20; 22; 26; 27	35,71%
3. Não teve influência.	04; 08; 15; 16; 24	35,71%

A metodologia serviu de orientação para todos os alunos, pois, mostrou se os mesmos tinham ou não aptidões para continuar os estudos na área de Ciências Exatas.

35 Neste momento, sem ajuda de livros ou outras fontes, assinale com x os assuntos listados abaixo que você saberia deduzir:

Aluno pesquisado/ assunto que sabe deduzir	25	22	08	04	26	07	17	20	16	15	11	24	27	23
Equação de Torricelli	X			X			X	X		X	X	X		X
Função Horária do Espaço do MUV	X		X	X	X		X	X				X		X
Mostrar que o vetor aceleração centrípeta é perpendicular ao vetor aceleração tangencial.				X	X			X			X	X		
O Teorema da Energia Cinética	X		X									X		X

O Teorema do Impulso	X		X			X												X
A Expressão Cinética da Pressão de um Gás Ideal					X													
A Expressão Cinética da Energia Interna de um Gás Ideal																		
A Lei de Newton da Gravitação Universal				X				X										
O Campo Magnético no Centro de uma Espira								X										X
O Módulo do Vetor Aceleração Centrípeta.				X														
O Módulo do Vetor Campo Elétrico na Superfície de um Condutor em Equilíbrio Eletrostático				X				X										X

Categorizamos as respostas dos alunos através da tabela 3.4.34, as letras da 1ª coluna representam os assuntos. Os alunos 04 e 08 optaram em fazer Medicina e os outros em destaques na 1ª linha, cursos da área de Ciências Exatas. Dos alunos (15; 16; 17; 23 e 25) esperávamos mais, pois os mesmos eram mais assíduos.

36. Use o espaço abaixo para tecer alguns comentários sobre minha prática pedagógica se julgar necessário.

Sínteses das considerações finais dos alunos quanto à metodologia das deduções:

Aluno 25 Não teceu comentários.

Aluno 22 A metodologia favorece aos alunos que tem aptidões para a área de Ciências exatas, porém aumenta a rejeição à Física para aqueles que não vão seguir a área de exatas. As aulas são muito densas e nem um pouco objetiva.

Aluno 08 A metodologia causou desinteresse na turma e sua posterior fragmentação os interessados em Física e os desinteressados (maioria). As deduções ajudavam a quem estudou com dedicação, em contrapartida contribui para o desinteresse da turma O professor foi infeliz ao lidar com as diferentes expectativas dos alunos, porém se saiu extraordinário em preparar os alunos que queriam.

- Aluno 04 No começo (8ª e 1ª séries) dava até para seguir o raciocínio, porém devido às aulas de dedução foi ficando mais cansativo.
- Aluno 26 O relacionamento professor-aluno não favoreceu ao processo-ensino aprendizagem.
- Aluno 07 A idéia original do trabalho era interessante, mas a maneira como foi conduzido o trabalho dificultou o entendimento. Ensinar deduções no Ensino Médio é perfeitamente possível, mas poderiam ser procurados novos caminhos. Um exagero na parte matemática, um comportamento que se tornou pouco amigável, separação da turma em exatas e humanas foram fatores para o afastamento da turma.
- Aluno 17 O método das deduções ajudou na preparação para ciências exatas. Os alunos que rejeitaram a disciplina não o fizeram por causa do método e sim devido às pressões do vestibular.
- Aluno 20 Achei bom o trabalho desenvolvido nesses quatro anos. Interessava-se mais por dinâmica. Se metade da turma não participava da aula não era devido ao método da dedução e sim o interesse pela matéria. Para aqueles que vão seguir a área de Ciências exatas o trabalho foi de grande valor.
- Aluno 16 A metodologia foi responsável pelo afastamento dos alunos. Os alunos estavam mais preocupados com o vestibular e as aulas de dedução tomavam muito tempo. O professor se mostrou insensível às reclamações dos alunos que queriam aulas mais dinâmicas. Faltou carisma ao professor para conseguir fazer com que aqueles que não gostavam de Física voltassem a participar das aulas.
- Aluno 15 A metodologia das deduções, à qual se refere à pesquisa realizada pelo professor, posso dizer que, com ela, aprendi bastante, talvez não necessariamente os processos dedutivos, mas adquiri a necessidade do porquê, o porquê disso, o porquê daquilo. Acredito que cresci como estudante. Todavia, embora o trabalho realizado e construído ao longo desses anos tenha surtido efeito em mim, algumas ressalvas precisam ser feitas. Nem todos os alunos se adaptaram à maneira de ensinar do professor e se viram de algum modo frustrados quanto a não ter uma percepção da Física aplicada, a Física experimental. Só a teoria e os cálculos, vistos na maior parte do curso, não foram suficientes. Além disso, o tempo sempre foi um fator limitante ao bom rendimento. E se pouco tempo era uma realidade, cabia ao professor trabalhar

com o real e adequar o conteúdo a ser trabalhado ao curto espaço de tempo que tínhamos. Por maior boa vontade que o professor tivesse em dar aulas extras, essas não tiveram um caráter de adiantar o máximo possível o conteúdo, continuaram com o ritmo de sempre.

- Aluno 11 Demonstrar Leis cujos pré-requisitos são de tal forma numerosos e aprofundados (ainda que ao nosso alcance) seja exigir demais de um aluno cujo, interesse não reside nas ciências exatas. Talvez seja inadequado ensinar com tamanha profundidade a um aluno de saúde ou humanas.
- Aluno 24 Faltou exigir mais dos alunos a realização das atividades, até como forma de motivar os que sempre as cumprem.
- Aluno 27 O método adotado com certeza é mais sério e pedagógico do que muitos métodos de aprendizagem que vemos por aí. Mas se por um lado o senhor favorece os “seguidores” de sua disciplina ou das áreas de exatas, nós de Humanas sentimos muita dificuldade com o seu método. Para os alunos de exatas o método foi bom. Seria mais saudável, o senhor achar um método que satisfaça os dois grupos.
- Aluno 23 Acredito que houve falhas durante o processo da 8ª até o 3º ano. Na minha opinião faltou uma constância, alguns trabalhos que eram propostos não tinham continuidade, diria até mesmo uma motivação. Não tenho nada contra ao sistema de aulas com dedução, muito pelo contrário, sou seu adepto, porém muitas vezes o senhor entendia que com a dedução não esqueceríamos mais e quando esquecíamos o senhor ficava péssimo, decepcionado com a gente. Esse sentimento passava para mim, como se eu não estivesse fazendo as coisas certas. Quantas vezes fazíamos os trabalhos pedidos, me esforçando para entregar todos em dia, mas no final não recebia nenhum estímulo para continuar fazendo desta forma, pois o tratamento dado a mim era o mesmo tratamento dado a aquela pessoa que nada fazia.

Considerações finais da análise desse questionário:

- A tabela 3.4.1, mostra que o resultado não foi satisfatório, pois não houve a dedicação que se esperava deles. O imediatismo para com o vestibular prejudicou a pesquisa.
- Dos trinta e dois questionários entregues somente catorze foram devolvidos. Podemos dar várias interpretações para esses dados:
 - ✓ Rejeição ao trabalho do professor-pesquisador;

- ✓ Falta de responsabilidade social já que a pesquisa deve fazer parte do CAP, e deveria ser encarada como algo natural no colégio e não um *produto de trocas*;
 - ✓ Imediatismo, preocupação só com o vestibular.
- Os não comentários do aluno 25, os comentários dos alunos (15, 16 e 23) foram surpresas desagradáveis, pois, o nível do curso só os favoreceram. O professor não discriminava alunos, sempre estava disposto a tirar dúvidas.
- O tempo foi um fator negativo, pois, para manter o nível do curso o professor teve de sacrificar os seus finais de semanas para cumprir o programa do vestibular, que não foi totalmente concluído porque antes do vestibular a escola teve um recesso de duas semanas, recesso escolar do meio do ano letivo, que prejudicou em oito (08) aulas.
- Para aqueles que vão seguir a carreira de ciências exatas terão uma boa base em Física, para aqueles que vão seguir a carreira de humanas, apesar de jogar fora todos os conhecimentos de Física trabalhados no Ensino Médio, ficaram pelos menos as competências em argumentação e questionamentos que a *metodologia das deduções* ajudou a desenvolver.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

A nossa pesquisa teve como objetivo verificar as razões que levam professores de Física do Ensino Médio a não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal nas suas seqüências e transposições didáticas.

A pesquisa envolveu análise de dez livros-texto, análise do questionário aplicado aos professores, análise de um pré e pós-testes e um questionário aplicado a uma turma piloto que testou a seqüência didática que deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal.

A pesquisa teve aspectos tanto de estudo de caso etnográfico como de pesquisa-ação.

Vamos começar nossas considerações finais falando dos livros-texto:

- 1° Quanto à análise dos dez livros, nove, foram indicações dos professores. Destacamos o livro de nº 06, que é um lançamento editorial, pois contempla o nosso objeto de pesquisa que é a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal. O livro se diferencia dos outros tanto no nível da pesquisa em História das Ciências, quanto do texto formal das leis físicas. Apresenta uma diagramação que provavelmente foi usada como organizador prévio, ou seja, usar imagens como uma maneira de influenciar substantivamente a estrutura cognitiva do leitor (aluno).
- 2° Percebemos que todos os livros analisados abordam o referencial histórico da Astronomia, o que é relevante e nesse aspecto estão em acordo com os PCN. Seria importante que os autores em seus manuais sugerissem aos professores que dessem maior importância ao capítulo de Gravitação Universal e que houvesse discussões interdisciplinares com professores de Matemática, Física e Filosofia sobre Mecanicismo e sobre rupturas de paradigmas, em particular o paradigma aristotélico, o que novamente estaríamos contemplando os PCN.
- 3° Na análise dos livros chamamos de categorias os subitens que geralmente os capítulos são divididos. Os resultados dessas categorizações estão na tabela 3.3.1, p. 86.
- 4° Na abordagem da 3ª Lei de Kepler somente três autores demonstram que o raio médio, média aritmética das distâncias afélio e periélio, é igual ao semi-eixo maior da elipse. Nossa sugestão, é que os outros autores em suas próximas edições, comentem ou coloquem isso como exercício. No relatório sobre a prática construção de elipse foi colocada uma questão que versava sobre raio médio e semi-eixo maior.

- 5° Para contemplar os PCN, sugerimos que os autores, nas suas próximas edições, coloquem roteiros de trabalhos experimentais sobre construções de eclipse e que indiquem softwares educativos sobre o tema Gravitação Universal.
- 6° Quanto à Lei de Newton da Gravitação Universal, com exceção dos livros de nº 01 e nº 06, as abordagens não ajudam ao aluno aprender Gravitação Universal de maneira significativa, pois, ele não fará na sua estrutura cognitiva as pontes que ligam a proposição que é essa lei aos conceitos subsunçores. O máximo que ele fará é aplicar a lei em questão, em problemas de movimento circular uniforme (MCU), igualando a fórmula da força gravitacional com a fórmula da força centrípeta. Ele não perceberá a dimensão da Física, pois partindo dos princípios de Newton, dos resultados das Leis de Kepler e da equação de Huygens para aceleração centrípeta chegamos à dedução da Lei da Gravitação Universal, e isso é mais relevante do que fazer exercícios. A dedução contempla os PCN tanto nas competências e habilidades de investigação e compreensão como em contextualização sócio-cultural.
- 7° Verificamos também, que os autores não deduzem o trabalho da força gravitacional e quando falam em velocidade de escape apresentam a equação da energia potencial sem uma justificativa maior e novamente o aluno tem mais uma fórmula para decorar, novamente se reforça a aprendizagem por recepção memorizada. O livro do Pauli, Física 1 – Mecânica - EPU, mostrou que é possível fazer a dedução com linguagem física e matemática do ensino médio.
- 8° É contra esse tipo de abordagem, aprendizagem por recepção memorizada, que estamos trabalhando há 25 anos, fazendo até mesmo de maneira intuitiva devido à nossa graduação em Licenciatura Plena em Física e agora se sentindo contemplados devido a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.
- 9° Conforme a análise dos questionários dos professores, constatamos que somente 33,33 % usam livros de graduação como fonte de pesquisa para suas aulas, logo, podemos concluir que boa parte dos professores estão restringindo a preparação das aulas ao livro-texto, é importante que este material tenha um certo grau de profundidade das abordagens dos temas e que fique a critério do professor o seu uso ou não. Por exemplo, as demonstrações poderiam vir nos apêndices.

- 10° Com exceções dos livros nº 09 e nº 10 todos os outros pertencem a coleções de três volumes e no caso do nº 07 de cinco volumes, logo é de estranhar que os autores dos livros limitem a tratar a Lei da Gravitação Universal de forma postulada.¹⁵
- 11° Tivemos contato pessoal com os autores dos livros 04, 05 e 08. Dois deles acharam interessante às colocações sobre a importância da dedução da Lei como forma de valorizar a interdisciplinaridade e também, os aspectos da aprendizagem ser mais consistente. Um outro não deixou visível sua opinião. Tivemos contato por e-mail com o autor do livro 03 e para nossa surpresa, já que usamos uma citação do mesmo sobre as deduções¹⁶, ele não achou relevante fazer a dedução da Lei da Gravitação Universal.
- 12° O livro-texto do ensino médio é às vezes a única fonte de consulta do professor, logo esperamos que com esse trabalho, com o trabalho do Talavera e com os recentes artigos das revistas de divulgação científica, sobre a Lei da Gravitação Universal, que os autores de livros-texto se sensibilizem e nas próximas edições incluam a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal nos seus textos e que percebam a importância interdisciplinar do tema, assim como os aspectos da aprendizagem significativa.
- 13° Para finalizar essa parte queremos dizer que a Gravitação Universal é um tema por excelência para contemplar os PCN, principalmente no que tange as questões interdisciplinares, pois, podemos relacionar:
- Física com Matemática, ao falar dos trabalhos de Newton ao criar o cálculo diferencial integral;
 - Física com Filosofia, ao mostrar a ruptura, causada pelos trabalhos de Newton, Kepler, Galileu e Copérnico, com o paradigma aristotélico.
 - Física com Geografia, ao mostrar a importância da base de lançamento de foguetes espaciais em Alcântara, localizada na região da linha equatorial, que reduz os custos com energia do foguete para colocar os satélites em órbitas equatoriais que é fundamental para os satélites de comunicações (geoestacionários).
 - Física e Política, ao mostrar que os satélites artificiais podem ser usados para monitorar o deslocamento de uma pessoa (O Grande Irmão). Ou satélites artificiais podendo ser usados com bases de lançamentos de mísseis nucleares (o projeto guerras nas estrelas).

¹⁵ Ver as citações de Máximo e Alvarenga na p.9.

¹⁶ Ver a citação do Gaspar p.11.

Quanto aos professores, queremos primeiro agradecer a todos pela presteza ao colaborar com a pesquisa. Participaram da pesquisa dezoito professores. Os professores responderam um questionário de onze questões sobre a importância das demonstrações no Ensino Médio e em destaque a dedução da Lei da Gravitação Universal.

Após análises dos questionários verificamos que:

- 1° Nos seus discursos os professores são favoráveis a uma abordagem mais construtivista para o ensino de Física, no Ensino Médio, porém devido às pressões da escola e da sociedade eles são obrigados a uma postura mais tradicional, de aula expositiva, onde prevalece a aprendizagem por recepção memorizada.
- 2° A postura construtivista precisa de mais contato professor-aluno, o que não é viável no ensino médio, pois, para reduzir custos, os proprietários de escolas privadas mantêm salas com mais de 50 alunos. Como a sociedade e a escola querem resultados, os professores são forçados a dar aulas expositivas enfocando o assunto Gravitação Universal de maneira postulada.
- 3° Chegamos a assistir oito horas aulas de três professores:
 - O professor de nº 01 fez a dedução como está no livro de nº 06 do Talavera. A aula do professor foi expositiva e dialogada, foi ministrada num momento onde o comportamento da turma não favoreceu, a turma estava agitada e talvez não tenha percebido a importância da dedução. Antes de falar da Lei de Newton, o professor fez uma excelente exposição da História das Ciências, porém logo no início dessas aulas o comportamento da turma não favorecia a aprendizagem daquilo que estava sendo exposto. Assistimos a quatro aulas de 50 minutos.
 - Assistimos a duas aulas de 50 min, do professor de nº 02, perdemos a aula da força gravitacional, ele já tinha ministrado, porém por contato com o mesmo ficamos sabendo que ele não deduziu a Lei da Gravitação Universal. Assistimos a aulas de dinâmica de satélites, e a metodologia adotada foi expositiva dialogada.
 - Assistimos a duas aulas de 50 min, com o professor de nº 03, o professor na 1ª aula, aula expositiva, apresentou a equação da Força Gravitacional, apesar de todo o seu esforço a abordagem não prendeu o interesse da turma, a maioria dos alunos nem si quer estavam copiando a aula. Na 2ª aula a turma foi levada para o laboratório de informática onde foi aberto um software educativo sobre

simulação de movimentos de planetas e sobre as leis de Kepler e mesmo assim os alunos continuaram de maneira dispersa abrindo outros sites.

O que percebemos nessas aulas é que apesar dos esforços dos professores a atividade de recepção de conteúdos por parte desses alunos é algo de pouco rendimento. Ou seja, as aulas expositivas são aulas cansativas para nós professores, enquanto a maioria dos alunos fica na sala de aula com se tivessem assistindo um filme de maneira obrigatória e sem interesse.

Devido às dificuldades de horários, calendário e pelo fato que são poucos os professores que ministram o assunto Gravitação Universal, deixamos de coletar dados com respeito às aulas dos professores.

Os livros, com exceções do nº 01 e nº 06, adotados ou indicados pelos professores nos seus textos não indicam transposições didáticas que favoreçam aos professores desenvolverem seqüências didáticas construtivistas com os alunos.

Na tabela 3.2.4, p.72, vemos que as questões de cinemática são em geral deduzidas, o mesmo não acontece com outros assuntos. Novamente o livro-texto é um fator preponderante para que os professores não deduzam a Lei de Newton da Gravitação. Os itens 8; 10; 12; 13; 14; 17 e 19, são itens que geralmente são abordados de maneira postulada, levando os alunos a uma aprendizagem por recepção memorizada.

11 (onze) professores dos dezoito acham importante fazer as deduções, porém a tabela 3.2.4, p.72, mostra que a prática pedagógica é outra.

Somente quatro professores deduzem a Lei de Newton da gravitação Universal.

Catorze professores dos dezoito não ministram a dedução da Lei de Newton. Acreditamos que eles não os fazem, não, por ser complexa e sim por não terem visto o caminho da dedução.

Nove professores mostram a relação da constante de Kepler com a massa do corpo central. Se eles usassem: os princípios de Newton aplicados ao MCU, a equação da força centrípeta e a 3ª lei de Kepler, poderiam chegar à conclusão que a força gravitacional é proporcional à massa do corpo que está em órbita e inversamente proporcional ao quadrado da distância que

os separam. E se colocasse o referencial no outro corpo chegariam às mesmas conclusões, logo usando a terceira lei de Newton chegariam à conclusão que a força gravitacional é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa, conforme foi mostrado na seção 1.2.4, p.31.

Para encerrar esta parte dos professores sugerimos que os mesmos leiam os trabalhos de Alvarenga; do Pauli; do Talavera e se possível a nossa seqüência didática juntamente com a apostila com as três demonstrações. Talvez assim, os professores sejam incentivados a deduzir a Lei de Newton da Gravitação Universal para que ocorra na estrutura cognitiva do aluno uma real aprendizagem por recepção e ou por descoberta significativa.

Quanto ao trabalho de campo com os alunos do 3º ano – 2004 do Colégio de Aplicação da UFPE, temos a dizer:

- 1º O professor realizou um trabalho com as turmas, 3º ano – 2004 – CAP-UFPE, que durou quatro anos. Nesses anos a disciplina Física foi desenvolvida sempre respeitando os pré-requisitos ou hierarquização conceitual da disciplina. O professor-pesquisador tinha o perfil escolar dos alunos;
- 2º O projeto pessoal do professor era fazer duas turmas bem preparadas para qualquer exame externo. Achava o professor, que pelo fato de seguir uma hierarquização na abordagem dos conteúdos isso favoreceria sempre a aprendizagem do aluno de maneira mais consistente;
- 3º O professor ainda não tinha sido apresentado à teoria de Ausubel e Novak;
- 4º A interpretação do professor sobre a teoria de Ausubel e Novak é que a metodologia da dedução contempla a influência da estrutura cognitiva programaticamente, pois, respeita a hierarquização conceitual da Física, e como ele trabalhava com a turma desde a 8ª série sabia como cada conteúdo tinha sido abordado. O que para ele facilitaria na aprendizagem de novos conceitos e proposições. Porém os meninos foram crescendo e foram sonhando com os seus projetos pessoais. E evidentemente que nem todos os projetos pessoais contemplavam estudar Física numa perspectiva propedêutica. Além disso, tivemos as greves que alterou o calendário e isso foi fator negativo, pois ao chegar no 2º ano alguns alunos já se manifestavam preocupados quanto ao andamento dos conteúdos de Física. E no final do 2º ano esses conflitos foram se tornando desgastante para a relação professor-aluno. Porém o professor tinha uma carta na manga “ele era o professor que mais dava aulas extras no colégio para

- cumprir o programa e manter o nível de exigência conceitual da disciplina”. Então quanto a isso ele estava tranqüilo.
- 5° Um outro fato importante é que nem todos os alunos estavam com suas estruturas cognitivas organizadas para acompanhar o ritmo que o professor estavam exigindo. O professor ministrou toda mecânica, termologia, eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo e parte da Física Moderna (átomo de Bohr). À parte de Ondas foi ministrada nas férias e Óptica Geométrica pelo professor estagiário. Então os comentários de alguns alunos de que a metodologia estava prejudicando o andamento do programa, não se sustenta. O professor não baixou o nível das aulas. O professor exigia mais dedicação aos estudos o que boa parte da turma não o fez.
 - 6° A carga horária semanal de Física por série no CAP-UFPE é: Duas aulas na 8ª; três aulas no 1º, três aulas no 2º e quatro aulas no 3º ano. Essa carga horária é pequena quando comparada com os colégios particulares, já que uma boa formação em Física ajuda na aprovação dos vestibulares mais concorridos.

Quanto à pesquisa com os alunos, temos a dizer que:

- 1° Dos 46 (quarenta e seis) alunos somente 21 (vinte e um) participaram do pré e pós-testes.
- 2° Da tabela 3.4.1, p.91, vemos que de 27 (vinte e sete) alunos, 09 (nove) não participaram da aula experimental e nem fizeram os relatórios das práticas e as biografias. 03 (três) alunos assistiram à aula experimental sobre elipses e não fizeram os relatórios e as biografias.
- 3° O que a tabela 3.4.1 mostra é que o resultado do pós-teste é pouco significativo, pois, somente 03 (três) alunos dos 27 (vinte e sete) participaram de toda as atividades da seqüência didática.
- 4° Os alunos foram imediatistas e isso prejudicou a coleta de dados para pesquisa.
- 5° Devido ao calendário escolar apertado para os alunos do 3º ano devido às greves, só tivemos três unidades (avaliações de etapas), onde a ultima avaliação seria a entrega dos relatórios e as biografias. A tabela 3.4.1, p.91, mostra a falta de compromissos da turma com as tarefas escolares. Os alunos estavam confiantes, pois, achavam que pelo fato de estarem no último ano não seriam reprovados pelos membros dos conselhos de classe tanto da Turma A como da turma B.
- 6° Particularmente, nós recomendamos a reprovação de vários alunos, tanto pelo fato da não entrega das atividades da última etapa, como também, devido ao fraco

desempenho na 1ª e 2ª unidade. Os alunos que optaram em fazer vestibular para área de ciências humanas principalmente os alunos do 3º ano A, já não freqüentavam as aulas com regularidade, alegavam que o nível da abordagem das aulas era alto e que o peso de Física no vestibular era pequeno e decidiram investir o tempo de estudo em outra disciplina. Porém, nos conselhos de classes o desempenho de alguns desses alunos era insuficiente também nas disciplinas da área de Ciências Humanas.

7º A não participação dos alunos nas tarefas da última etapa prejudicou sensivelmente à coleta de dados do questionário aplicados aos mesmos, sobre a seqüência didática que valorizam as deduções e no caso específico a Lei de Newton da Gravitação Universal. Percebemos também, que dois dos melhores alunos do colégio não responderam ao questionário, frustrando nossas expectativas, porém participaram da aula experimental e fizeram os relatórios.

O que concluímos com todo esse relato:

- a) *Por si só a dedução não garante uma aprendizagem por recepção significativa;*
- b) *Que nem todo aluno do 3º ano estava com sua estrutura cognitiva desenvolvida com conceitos hierárquicos da matéria Física. Pois, alguns foram promovidos de séries sem estarem preparados para acompanhar o ritmo de aula que o professor queria passar. Ou melhor, alunos foram promovidos sem méritos, onde suas estruturas cognitivas mostravam lacunas de conceitos e proposições da Física.*
- c) *Que a troca de sentimentos é o fator essencial para que ocorra uma aprendizagem significativa. É necessário que o aprendiz esteja predisposto para aprender. A outra condição para que haja aprendizagem significativa é que o material seja potencial significativo (MOREIRA, 1999).*
- d) *Que apesar de estarem no último ano do Ensino Médio os alunos ainda são imaturos e o professor não poderia tratá-los como adultos, era preciso ter um pouco de sensibilidade para atraí-los ao estudo de Física, mesmo o professor tendo dedicado parte do seu tempo livre a dar aulas extras com as turmas.*

E para encerrar, temos a dizer, que a primeira vez que tivemos contato com a dedução da Lei da Gravitação Universal foi na graduação, onde a dedução da lei envolvia equações diferenciais. A primeira vez que vimos à dedução da Lei numa linguagem de Física e Matemática para o Ensino Médio foi no livro Física 1 – Mecânica - editora: EPU – Autores Pauli; Majorana; Heilmann e Chofi, o livro também mostra a dedução do trabalho da força

gravitacional. O livro saiu do mercado editorial. E este é o ponto crucial da nossa pesquisa, pois, os professores ao elaborarem suas aulas estão se limitando ao texto, conseqüente a lei de Newton é apresentada de forma postulada ou com se fosse uma definição, não se fazendo nenhuma hierarquização com as Leis de Kepler, com os elementos da Geometria Euclidiana, com os conceitos de cinemática e os princípios da Mecânica, conseqüentemente levando o aluno a uma aprendizagem por recepção mecânica ou memorizada.

A Lei de Newton é uma proposição e como tal precisa de subsunçores para se ancorar na estrutura cognitiva para que efetivamente ocorra uma aprendizagem significativa, e não mais uma fórmula de Física para ser *decorada*.

No apêndice da dissertação se encontram as práticas da seqüência didática que deduz a Lei de Newton.

Sugestão:

Que a pesquisa seja aplicada em outra turma do ensino médio, que não seja, 3ª série, por causa do imediatismo do aluno devido ao vestibular e numa escola onde haja mais rigor na avaliação quanto aos critérios de aprovação e reprovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, Marli Eliza D.A. **Etnografia da Prática Escolar**. Campinas, SP: Papyrus Editora, 1995.

BEN-DOV, Yoav. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

BÔAS, Newton Vilas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de Física 1**. 10ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 1993.

BRUNER J. **O processo da Educação**. 6ª ed. São Paulo: Nacional, 1976.

BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Valter; BONJORNO, Regina Azenha; RAMOS, Clinton Márcio. **Temas de Física 1**. São Paulo: FTD, 1998.

CALÇADA, Caio Sergio; SAMPAIO, José Luiz. **Física Clássica – Dinâmica**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atual.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As Faces da Física v. Único**. 3ª edição. São Paulo: Editora: Moderna, 2003.

© Encyclopedia Britannica do Brasil Publicações Ltda.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio De Toledo. **Aulas de física: mecânica: v.1**. 8ª edição. São Paulo: Atual, 2003.

FEYNMAN, Richard P. **Física em Seis Lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

FOUREZ, Gerard. **A Construção das Ciências**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.

GASPAR, Alberto. **Física Mecânica, manual do professor v.1**. 1ª edição. São Paulo: Editora Ática, 2001.

HESSEN, Johannes. **Teoria do conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

JÚNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio De Toledo. **Os Fundamentos da Física 1**. - 6ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 1997.

KELLER, Frederick J; GETTYS, W. Eduardo; SKOVE, Malcolm J. **Física volume 1**. São Paulo: Makron Books, 1997.

MACHADO, José de Medeiros. **Tópicos de física geral: Física da Gravitação**. Recife: COMUNICARTE, 1997.

MADRUGA, J. **Aprendizagem pela descoberta frente à aprendizagem pela recepção: A teoria da aprendizagem verbal significativa** In: COLL, C; PALÁCIOS, J. e MARCHESI, A. (org.) Desenvolvimento Psicológico e Educação, vol.2. Porto Alegre. Artes Médicas, 1996.

MARCONDES, Danilo. **Iniciação à História da Filosofia: dos pré-socráticos a Wittgenstein**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. vol 1. São Paulo: Scipione, 2000.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Ministério da Educação. Brasília, 1999. 364 p.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo. Editora Moraes, 1982.

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

NEWTON, ISAAC, SIR, 1642-1727. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** - livro I / Isaac, Sir Newton. – 2. Ed – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, Sílvio Luiz de. **Tratado de Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Pioneira, 2000.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Metodologia interativa: um processo hermenêutico-dialético**. Interface. Rio Grande do Sul: Gráfica da UFRGS, n.1, p.67-79. 2001.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. Recife: Edições Bagaço, 2003.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física** – Série Novo Ensino - v. único – São Paulo: Editora Ática – 2002.

PAULI, Ronald Ulysses; MAJORANA, Felix Savério; HEILMAN, Hans Peter; CHOHFI, Carlos Armando. **Física 1** – Mecânica. São Paulo: EPU, 1978.

SCHLEIERMACHER, Friedrich D. E. **Hermenêutica** – Arte e técnica da interpretação. Petrópolis, Editora Vozes, 2001.

TALAVERA, Alvaro Csapo. **Física: mecânica IV** – São Paulo: Editora: Nova Geração-2004.

TAVARES, José; ALARCÃO, Isabel. **Psicologia do Desenvolvimento e da Aprendizagem**. Coimbra: Livraria Almedina, 1985.

TIPLER, Paul A. **Física** – vol 1b. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.

APÊNDICES

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências (PPGEC)

PROJETO DE PESQUISA

“ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL”

Mestrando: Gilberto de Holanda Cavalcanti

PRÁTICAS SOBRE ELIPSE E A 1ª LEI DE KEPLER (LEI DAS ÓRBITAS)

Esta prática será realizada com os alunos da 3ª série do ensino médio do CAP-UFPE - 2004, é parte integrante de um trabalho de pesquisa em nível de mestrado, que visa criar os conceitos subsunçores para a 1ª Lei de Kepler, através da aprendizagem por descoberta significativa, necessária para desenvolver a sequência didática que demonstra a Lei de Newton da Gravitação Universal.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Co-orientador: Prof. Dr. Ernande Barbosa

RECIFE

JULHO DE 2004

3ª ATIVIDADE SOBRE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Estudo da elipse e da 1ª lei de Kepler

O objetivo desta atividade é:

1. Construir elipses para perceber seus parâmetros relevantes, tais como:
 - A condição dos pontos de uma linha geométrica para que seja uma elipse;
 - A excentricidade, o foco, o eixo maior e o eixo menor de uma elipse;
2. Deduzir a função reduzida da elipse;
3. Deduzir a forma polar da elipse;
4. Mostrar que a circunferência é um caso particular da elipse.
5. Enunciar: a 1ª Lei de Kepler, afélio, periélio e calcular raio médio de uma órbita.

Procedimentos

1º Cole com fita adesiva a folha de papel milimetrado na tábua de apoio, com a marcação do papel milimetrado voltada para cima;

2º Bata, com cuidado, um prego nas coordenadas (horizontal = 20,0 cm; vertical = 14,0 cm) ou melhor este ponto fica bem no meio do papel milimetrado;

3º Pegue um cordão de aproximadamente 28 cm e amarre suas extremidades (unindo-as de tal forma a fazer uma linha fechada)

4º Coloque a linha sobre o papel de tal forma que o prego fique dentro da linha fechada. Agora com um lápis hidrocor estique o cordão ao máximo;

5º Agora gire o lápis no sentido horário ou anti-horário mantendo o cordão esticado;

6º Observe a figura construída no papel, que figura geométrica você construiu?

7º Qual é a propriedade dos pontos desta linha geométrica?

8º Coloque um sistema de eixos cartesianos OXY, onde $O \equiv (20 \text{ cm}; 14 \text{ cm})$ em relação ao papel milimetrado;

9º Admita que o ponto O, agora, tem coordenada $O \equiv (0;0)$, ou seja, passa a ser a origem do sistema de eixos. Seja P um ponto qualquer da linha geométrica, onde $P \equiv (x; y)$;

10º Mostre que os pontos dessa linha geométrica obedecem a equação: $x^2 + y^2 = R^2$.

11º Na linha horizontal passando pelo ponto central, bata dois pregos equidistantes de 2 cm do prego central. *Estes pregos serão os focos desta linha geométrica;*

12º Novamente com o cordão envolvendo os pregos e o lápis, descreva a nova figura geométrica, repetindo o 5º procedimento;

13º Repita o procedimento anterior, afastando os focos de 2 cm, umas três vezes consecutivas;

14° O que acontece com as distâncias do lápis aos pregos (focos) quando você constrói a figura geométrica;

15° Como fica a figura geométrica quando a distância entre os pregos aumenta? Como se chama a figura geométrica que você construiu?

16° Seja F_1 o ponto onde se localiza o prego (1), F_2 o ponto onde se localiza o prego (2) e L o ponto onde está o lápis. O que acontece com a soma dos segmentos de retas $\overline{F_1L} + \overline{F_2L} + \overline{F_1F_2}$, quando o lápis descreve a figura geométrica?

17° Numa outra folha de papel milimetrado repita o 1° procedimento, bata dois pregos equidistantes de 4 cm do ponto central $O \equiv (20 \text{ cm}; 14 \text{ cm})$. Construa uma nova figura geométrica onde $\overline{F_1F_2} = 8 \text{ cm}$, adote F_1 como o foco do lado esquerdo. Coloque um sistema de eixos cartesianos OXY no meio da página, onde a origem do sistema se encontrará nas coordenadas $O \equiv (20 \text{ cm}; 14 \text{ cm})$. Num lugar qualquer do 1° quadrante da linha geométrica marque um ponto P, de coordenadas $P \equiv (x; y)$. Agora, consultando livros de Matemática, volume 3 ou de Geometria Analítica, defina a propriedade dos pontos desta linha geométrica.

18° Marque agora quatro pontos importantes: $A_1 \equiv (-a; 0)$ ponto da intersecção da linha com o eixo X, $A_2 \equiv (a; 0)$ outro ponto de intersecção da linha com o eixo X, $B_1 \equiv (0; b)$ ponto de intersecção da linha com o eixo Y, $B_2 \equiv (0; -b)$ outro ponto de intersecção da linha com o eixo Y.

19° Construa os segmentos de retas $\overline{F_1P}$ e $\overline{F_2P}$;

20° Definindo algebricamente as coordenadas de F_1 por $F_1 \equiv (-c; 0)$ e de F_2 por $F_2 \equiv (c; 0)$;

21° Na figura determine em centímetros os valores das constantes (a, b e c);

22° O que é, e como é definida a excentricidade (e) desta linha geométrica?

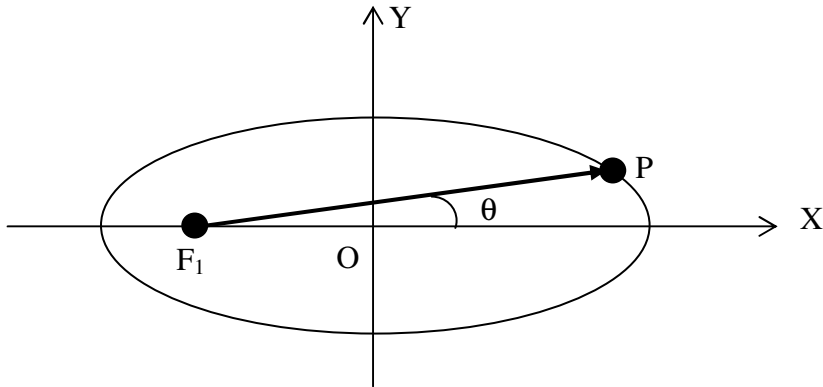
23° Deduza que $\overline{F_1P} + \overline{F_2P} = 2a$. Escolha aleatoriamente cinco pontos da linha geométrica, diferente dos pontos A_1 e A_2 , e teste se a equação do item é verificada. Ache o valor mais provável para $2a$;

24° Deduza que: $b^2 + c^2 = a^2$. Compare os dados do item 17 com o valor teórico da equação deduzida e determine o erro percentual para a^2 .

25° Deduza através de $\overline{F_1P} + \overline{F_2P} = 2a$ que a forma reduzida da equação desta figura geométrica é: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$;

26° Admitindo que o ponto P está no 1° quadrante, que θ é o ângulo entre o segmento de reta $\overline{F_1P}$ e o eixo X, que (r) é a distância entre F_1 e P, que (e) é excentricidade desta linha geométrica, deduza a equação na forma de coordenadas polares (r; θ) a equação desta linha

geométrica, ou seja mostre que: $r = \frac{a(1-e^2)}{1-e\cos\theta}$. (Sugestão: escreva x e y em termos de r e θ e parta da equação reduzida);



27° Admita que o planeta descreva uma órbita elíptica, onde o Sol ocupa um dos focos. Definimos *afélio* como a maior distância entre o planeta e o Sol, chamamos de *periélio* a menor distância entre o planeta e o foco. Seja F_1 o foco onde se localiza o Sol e P o ponto da elipse onde se encontra o planeta. O raio médio da órbita do planeta é definido por $R_m = \frac{R_1 + R_2}{2}$, onde $R_1 = \overline{A_1F_1}$ e $R_2 = \overline{F_1A_2}$. Mostre que o raio médio também pode ser dado por: $R_m = a$, onde (a) é o eixo maior da elipse.

APÊNDICE B

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências (PPGEC)

PROJETO DE PESQUISA

“ANÁLISE DE UMA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA A LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL”

Mestrando: Gilberto de Holanda Cavalcanti

4ª ATIVIDADE NA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA A DEMONSTRAÇÃO DA LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

A presente prática faz parte de um trabalho de pesquisa em nível de mestrado que tem como objetivo, a ocorrência da aprendizagem por descoberta significativa da 2ª Lei de Kepler, nos alunos do 3º ano CAP-UFPE 2004, necessária para desenvolver a seqüência didática que demonstra a Lei de Newton da Gravitação Universal.

Orientadora: Profª Drª Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Co-orientador: Prof. Dr. Ernande Barbosa

RECIFE

AGOSTO DE 2004

Vamos agora mostrar que a força entre o Sol e o planeta é uma força central, ou seja uma força que aponta na direção do vetor que liga os dois astros. Esta demonstração alternativa evita o uso de derivadas do momento angular para justificar a 2ª Lei de Kepler. Usaremos conhecimentos de Física e Matemática do ensino médio.

Suponha um planeta em órbita circular possuir aceleração tangencial (\dot{a}_t). Logo a aceleração escalar (α) seria diferente de zero, pois $|\alpha| = \|\dot{a}_t\|$. O que acarretaria uma aceleração angular (γ), visto que: $\gamma = \frac{\alpha}{r}$, onde r é o raio da órbita. Suponha para efeito de simplificação que $\alpha = \text{cte}$, ou seja um MCUV, logo $\gamma = \text{cte}$. Vamos agora através de um exercício mostrar que esta aceleração tangencial não pode ocorrer numa trajetória circular. Ou seja, que a aceleração é totalmente centrípeta, a força resultante é centrípeta, ou melhor, neste caso, a força é central.

Prob.01. Suponha que no instante $t_0 = 0$ o planeta se encontre a 1 ua e na posição $\varphi_0 = 0$, onde φ é o ângulo que o vetor posição do planeta, em relação ao Sol, faz com o eixo x . Suponha também que sua velocidade angular inicial seja $(\pi/6)$ rad/mês e sua aceleração angular seja $(\pi/12)$ rad/mês². Com essas informações: (a) Escreva a função horária do espaço angular, onde φ é dado em radianos e t em meses; (b) complete a tabela abaixo; (c) o que acontece com a variação do espaço angular com o passar do tempo, mesmo mantendo o intervalo de tempo constante de 1 mês. Dado: 1 ua (unidade astronômica) = $1,49 \cdot 10^{11}$ m.

t (meses)	φ (radianos)	$\Delta\varphi_{if} = \varphi_f - \varphi_i$ (rad)	$A_{if} [(ua)^2]$	$Va_{if} [(ua)^2/\text{mês}]$
$t_0 = 0$	$\varphi_0 =$	-----	-----	-----
$t_1 = 1$	$\varphi_1 =$	$\Delta\varphi_{01} =$	$A_{01} =$	$Va_{01} =$
$t_2 = 2$	$\varphi_2 =$	$\Delta\varphi_{12} =$	$A_{12} =$	$Va_{12} =$
$t_3 = 3$	$\varphi_3 =$	$\Delta\varphi_{23} =$	$A_{23} =$	$Va_{23} =$
$t_4 = 4$	$\varphi_4 =$	$\Delta\varphi_{34} =$	$A_{34} =$	$Va_{34} =$
$t_5 = 5$	$\varphi_5 =$	$\Delta\varphi_{45} =$	$A_{45} =$	$Va_{45} =$

Observamos assim que, $\Delta\varphi$ não se manteve constante para o mesmo intervalo de tempo que neste exemplo foi de $\Delta t = 1$ mês. Por sua vez, sabemos que, a área de um setor circular depende do ângulo $\Delta\varphi$, ou seja: $A_{if} = \frac{\Delta\varphi_{if} \cdot r^2}{2}$. Logo se $\Delta\varphi$ não for constante para o mesmo intervalo de tempo, teremos que a área varrida pelo vetor posição do planeta em relação ao Sol será diferente. A última coluna está mostrando que a velocidade areolar, definida por: $Va_{if} = \frac{A_{if}}{\Delta t}$, não é constante, o que viola a 2ª Lei de Kepler.

Prob.02. Mostre que se um planeta descrevesse um MCUV em torno do Sol a velocidade areolar seria dada por: $Va = \frac{(\omega_0 + \gamma \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \Delta t) \cdot r^2}{2}$, onde t é instante inicial do intervalo Δt . Logo concluímos que para a área permanecer constante para o mesmo intervalo de tempo, $\Delta\varphi$ terá que permanecer constante e isso só ocorrerá se não houver aceleração angular. Sendo assim não teremos aceleração escalar, logo a aceleração tangencial é nula e conseqüentemente toda aceleração é centrípeta. Ou seja, a força resultante é centrípeta. Como a trajetória é circular a força entre o Sol e o planeta é central.

APÊNDICE C

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências (PPGEC)

PROJETO DE PESQUISA

“ANÁLISE DE UMA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA A LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL”

Mestrando: Gilberto de Holanda Cavalcanti

5ª ATIVIDADE NA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA A DEMONSTRAÇÃO DA LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

A presente prática faz parte de um trabalho de pesquisa em nível de mestrado que tem como objetivo, a ocorrência da aprendizagem por descoberta significativa da 3ª Lei de Kepler, nos alunos do 3º ano CAP-UFPE 2004, necessária para desenvolver a seqüência didática que demonstra a Lei de Newton da Gravitação Universal.

Orientadora: Profª. Drª. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Co-orientador: Prof. Dr. Ernande Barbosa

RECIFE

JULHO DE 2004

Aluno:.....Série:.....
 Turma:..... N°..... Data...../...../.....

O objetivo desta prática é de inferir a 3ª lei de Kepler, através da observação dos dados da tabela.

DADOS SOBRE O SISTEMA SOLAR

1ª Etapa – Complete a tabela abaixo, consultando Internet ou livros de Astronomia para preencher a 3ª e 4ª coluna:

PLANETA	PERÍODO T, (10 ⁷ s)	PERIÉLIO R ₁ (10 ¹¹ m)	AFÉLIO R ₂ (10 ¹¹ m)	RAIO ORBITAL MÉDIO R, (10 ¹¹ m)	ACELERAÇÃO ORBITAL MÉDIA (10 ⁻³ m/s ²) $a_c = 4\pi^2R/T^2$	ACEL ORBIT. QUAD. RAO MÉDIO
MERCÚRIO	0,760					
VÊNUS	1,94					
TERRA	3,156					
MARTE	5,94					
JÚPITER	37,4					
SATURNO	93,5					
URANO	264					
NETUNO	522					
PLUTÃO	782					

- Considere a aceleração orbital igual à aceleração centrípeta, para um modelo onde a trajetória do planeta é praticamente circular de raio igual ao raio médio.
01. Enuncie a 3ª Lei de Kepler;
 02. Que regularidade você observa nesta tabela?
 03. Qual o valor da constante da 3ª Lei de Kepler para o Sistema Solar? Admita $4.\pi^2 = 39,5$.
 04. Construa uma tabela no Excel, onde as linhas são os planetas do sistema solar e as colunas são: o período do planeta em ano; o raio médio em (u.a); o quadrado do período; o quadrado do raio médio; o cubo do período; o cubo do raio médio.
 05. Construir uma planilha com os gráficos, tipo dispersão: a) R x T b) R x T² c) R x T³ d) R² x T e) R² x T² f) R² x T³ g) R³ x T²
 06. Qual dos gráficos a relação entre os eixos é linear (uma reta que passa pela origem)? O que significa esta linearidade na visão Física?

APÊNDICE D
REFLEXÕES SOBRE AS RAZÕES QUE LEVAM PROFESSORES DE
FÍSICA DO ENSINO MÉDIO A NÃO DEDUZIREM A LEI DE NEWTON
DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL
REFLECTIONS ON THE REASONS WHICH LEAD HIGH SCHOOL
TEACHERS NOT TO DEDUCE NEWTON'S LAW OF UNIVERSAL
GRAVITATION

Gilberto de Holanda Cavalcanti¹⁷, Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos¹⁸,
Ernande Barbosa da Costa¹⁹

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Este artigo analisa as razões que levam professores do Ensino Médio a não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal e é baseado na Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da UFRPE. A pesquisa foi desenvolvida com dezoito professores do Ensino Médio, dentre os quais treze nunca viram a dedução dessa Lei numa linguagem adequada a esse nível de ensino e somente quatro costumam fazer essa dedução em suas salas de aulas. Constatamos que a principal razão para que os professores não apresentem essa dedução é a restrição da preparação de suas aulas aos livros-texto, que não a abordam.

This article analyzes the reasons which lead high school teachers not to deduce Newton's law of Universal Gravitation and is based on the dissertation presented to the Pós-Graduation Program in Teaching of Sciences at UFRPE. The research was developed with eighteen high school teachers amongst which thirteen never met the deduction of this law in an adequate language for this level of education, and only four use to make this deduction in their classrooms. The results showed that the main reason to not present this deduction is the restriction to textbooks, during the preparation of the lessons, which do not present it.

¹⁷ Mestrando em Ensino das Ciências da UFRPE, prof. do CEFET-PE e do Colégio de Aplicação da UFPE, e-mail: gibafis@ig.com.br

¹⁸ Prof^a. Dr^a. do Programa de Pós-Graduação do Centro de Educação da UFRPE, e-mail: heloisafiorabastos@yahoo.com.br.

¹⁹ Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação do Centro de Educação, professor do Departamento de Física e Matemática da UFRPE, e-mail: ernande@ufrpe.br.

Palavras-chaves: Lei de Newton da gravitação universal, ensino de física, aprendizagem significativa, conhecimentos prévios, estrutura cognitiva, hierarquização dos conteúdos da disciplina.

Keywords: Newton's law of universal gravitation, physics teaching, significative learning, alternative concepts, cognitive structure, hierarquization of discipline's contents.

“O estudo da Gravitação Universal leva o estudante a entrar em contato com uma lei de grande importância, pelo papel fundamental que ela desempenha no campo da Física. O estabelecimento das idéias de Gravitação Universal é considerado um dos fatos mais importantes no desenvolvimento das ciências em geral e da Física em particular: Assim, acreditamos que a omissão deste capítulo, ou a sua apresentação de maneira sucinta constitui uma verdadeira lacuna na formação do estudante e na visão que ele vai adquirir das idéias e princípios fundamentais da Física Clássica” (MÁXIMO e ALVARENGA, 2000, p. 218).

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é de verificar os porquês dos professores de Física do Ensino Médio não deduzirem a Lei de Newton da Gravitação Universal, além de mostrar que essa dedução é possível, do ponto de vista da linguagem física e matemática desse nível de ensino, bem como favorecer a aprendizagem significativa, uma vez que, segundo Moreira e Masini (7), a estrutura cognitiva pode ser influenciada pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados à *organização seqüencial da matéria de ensino*. Nesse aspecto, “Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem *uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina*. Acredita que esses conceitos estruturais podem ser identificados e ensinados a um aluno, constituindo para ele um sistema de processamento de informações, um verdadeiro mapa intelectual que pode ser usado para analisar o domínio particular da disciplina e nela resolver problemas” (MOREIRA e MASINI, 1982, p.23, destaque nosso).

Com as colocações acima vemos como é importante desenvolver um conteúdo em Física, respeitando a hierarquização da disciplina. No nosso caso, desenvolvemos uma seqüência didática para a Gravitação Universal partindo das três Leis de Newton da Mecânica Clássica, das três Leis de Kepler do movimento dos planetas, de elementos de Geometria Euclidiana e de conceitos e proposições da cinemática nas linguagens linear, angular e vetorial, ou seja, partimos de princípios e conceitos mais gerais para chegar à Lei da Gravitação Universal, que é uma lei exclusiva para interações entre massas.

Destacamos a seguir as opiniões de três autores de livros-texto que vêm reforçar nossas preocupações.

Segundo Gaspar (4), as *demonstrações* podem auxiliar a compreensão das relações e conceitos envolvidos se forem bem entendidas. Elas permitem mostrar a inter-relação entre diferentes conceitos, a origem de determinadas constantes e relações físicas, além das aproximações ou restrições feitas. Dessa forma, a compreensão de uma dedução ajuda o aluno a saber quando, como e porque uma expressão pode, ou não, ser aplicada, condição essencial para interpretação adequada de qualquer situação física.

Os autores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (5), no caso da Lei da Gravitação Universal, consideram uma distorção a apresentação de uma lei fundamental como se fosse um postulado, sem referência à maneira pela qual se desenvolveram os conceitos e relações que levaram ao seu estabelecimento. Eles sugerem a valorização dos aspectos históricos e introduzem a Lei da Gravitação de maneira gradual, embora sem muitos detalhes, procurando evitar que os alunos pensem que Newton estabeleceu aquela lei como fruto de uma inspiração repentina, ao observar a queda de uma maçã. *Apesar de não deduzirem a lei, os autores, em dois exercícios (problemas 14 e 20, p. 244 do volume 1 da coleção Curso de Física), indicam os passos para tal dedução.* Ao indicarem esses exercícios como atividade do aluno, os autores esperam que eles aprendam por descoberta significativa.

Tendo em vista essas colocações, usamos a dedução da Lei de Newton da Gravitação nas turmas de 3^{os} anos 2004 do Colégio de Aplicação da UFPE, como um fator que facilitaria uma aprendizagem por recepção significativa, ao invés da aprendizagem por recepção mecânica, que geralmente ocorre quando da

apresentação dessa Lei de forma postulada, ou seja, sem a justificativa da equação.

Essas turmas foram acompanhadas desde a 8ª série do Ensino Fundamental, sempre trabalhando os conteúdos no nível de justificativa (dedução). Nessa dedução aplicamos os princípios da Mecânica Clássica de Newton, as três Leis de Kepler, os conceitos de Cinemática e elementos da Geometria Euclidiana, que serviram de conceitos subsunçores para ajudar a construção, na estrutura cognitiva do aluno, da proposição que é a Lei da Gravitação Universal. Desses conteúdos, apenas as Leis de Kepler não foram trabalhadas previamente na 1ª e 2ª séries.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para levantar as razões que levam os professores a não deduzirem a Lei da Gravitação Universal, distribuímos com professores da rede pública e privada um questionário com 11 (onze) perguntas. Dezoito professores responderam ao questionário e foram nomeados de A a S, de maneira aleatória.

Análise do questionário aplicado aos professores²⁰

O questionário tinha como objetivo colher informações sobre o desenvolvimento acadêmico e profissional do professor, sobre a sua visão metodológica ao ensinar a Lei de Newton da Gravitação Universal e sobre sua valorização ou não das deduções de teoremas e leis, como aspectos metodológicos para facilitar uma aprendizagem significativa.

Faremos em seguida uma síntese da análise de cada questão.

A 1ª questão visava identificar a evolução profissional e acadêmica do professor. A tabela 1 mostra o perfil do desenvolvimento acadêmico.

Tabela 1 – Categorização da 1ª questão.

Evolução acadêmica	Concluiu	Nº de professores	Está cursando	Nº de professores
Licenciatura Plena em Física	N, O, R, A, D, E, L, M, J, I, H, P, F, B e S	15		

²⁰ O questionário se encontra no apêndice.

Licenciatura Plena em Ciências	Q	01		
Licenciatura Plena em Matemática	B	01		
Licenciatura em disciplina da Área Técnica	C	01		
Outra graduação	O, R, C, E, I, G e P	07		
Especialização	D, E, L, M, Q, I, H, F, B	09	N	01
Mestrado	R, I, P e S	04	O,A, M, Q, J, G, F	07
Doutorado	R	01		

Vemos, assim, que os professores estão investindo em sua formação acadêmica. Além disso, constatamos que dos 18 (dezoito) professores pesquisados, só 01 (um) não estava lecionando no momento da pesquisa, que 10 (dez) dos professores têm mais de 10 (dez) anos de ensino e 07 (sete) professores têm mais de 20 (vinte) anos de ensino. Ou seja, o grupo de professores pesquisado possui experiência no magistério e uma formação acadêmica de bom nível. Vemos, também, que somente 03 (três) não trabalhavam em Escola Pública, 09 (nove) lecionavam em Escola Particular e Pública e 05 (*cinco*) *somente em Escola Pública*.

Na 2ª *questão* queríamos saber se o professor diferenciaria ou não as aulas de Física nos cursinhos preparatórios para o vestibular das aulas de Física das séries normais do Ensino Médio e porquê. Após analisar as respostas, identificamos seis categorias, representadas na tabela 2.

Tabela 2 - Categorização da 2ª *questão*

Categorias	Professor	Percentual (%)
1. Deve haver - As aulas ministradas no ensino médio devem servir para que o aluno construa o conhecimento ligando a Ciência ao cotidiano. A finalidade do cursinho para o vestibular é só revisar os conteúdos.	D, F, M, N e Q	27,78
2. Deve haver – No ensino médio o professor deve dar mais atenção aos princípios físicos que estão embasando o estudo, discutindo com os alunos a origem do que estão estudando. No caso de expressões empíricas ao menos comentar como foram estabelecidas e se possível demonstrar leis fundamentais. Nos cursinhos não dá tempo para detalhar mais.	A, G e I	16,67
3. Deve haver - O aluno do cursinho já tem alguma base formada e há turmas preparadas para os cursos de Humanas, Exatas ou Saúde, o que nos leva a aumentar ainda mais a diferenciação. Eles só necessitam de	B e C	11,11

“revisão”. O aluno do ensino médio precisa de uma base sólida e diversificada, pois não possui formação, enquanto o do cursinho já possui.		
4. Deve haver - O cursinho é um remendo do Ensino Médio, prova evidente da falha pedagógica. O tempo e a tensão do aluno são fatores que justificam as “pinceladas” didáticas. Um ensino justo, correto, com educação, com despertar científico do aluno, não é tão simples como se possa imaginar, que garanta a qualquer instituição de ensino aplicá-la.	E, L e P	16,67
5. Não deve haver - Se as aulas de Física forem ministradas de maneira a proporcionar aos alunos uma compreensão dos conceitos dessa disciplina, eles conseguiriam resolver as questões dos vestibulares. Para que isso ocorra é necessário: redução do currículo, que deveria privilegiar os conceitos básicos da disciplina; professor deveria ter uma remuneração que permitisse uma dedicação maior a uma única escola.	J, O, R e S	22,22
6. Não deve haver - Só existe “aula de Física” e se os cursinhos e as escolas ditas normais do Ensino Médio estão fazendo diferença, isso é uma coisa errada. Física é uma Ciência Experimental, os cientistas criam modelos, porque na verdade são cegos, tentando desvendar a natureza, então só o laboratório pode dar o aval dos modelos imaginados. Essa conotação dos cursinhos é ao nosso ver, puramente comercial.	H	5,56

Quanto ao uso de seqüência didática aplicada às turmas do Ensino Médio e às turmas do cursinho, 13 (treze) professores responderam que deve haver diferença na abordagem, 10 (dez) professores defendem que o cursinho é só uma revisão dos conteúdos do Ensino Médio, que é o momento propício para que o professor ajude o aluno a construir o conhecimento. Dois professores falam que os alunos do cursinho já têm base e formação, enquanto 03 (três) professores alegam que o cursinho é um mero tapa buracos, ou seja, se o Ensino Médio fizesse a sua parte, levasse o aluno a desenvolver competências e habilidades, não haveria necessidade de cursinho preparatório.

Do grupo que não concorda que deve haver diferença, 04 (quatro) professores já abordam questões estruturais do Ensino Médio como ponto decisivo para que ocorra uma aprendizagem significativa. Porém, esses professores colocam no condicional “Se as aulas de Física fossem ministradas de maneira a proporcionar aos alunos uma compreensão dos conceitos desta disciplina, eles conseguiriam resolver as questões do vestibular”. Os professores não informam que tipo de aula levaria os alunos a essa compreensão dos conceitos, porém eles também defendem uma abordagem construtivista. Novamente, a questão do vestibular continua como um fator norteador do Ensino Médio, ou seja, os professores consideram que devemos ministrar as aulas para que os alunos consigam fazer as questões dos vestibulares. Somente um professor, que defende que não deve haver diferença entre as séries normais e as de cursinhos, propõe que as aulas de Física sejam desenvolvidas com experiências, nas quais sejam contextualizados

conceitos, definições e teoremas. Ou seja, não deveria haver aulas dedicadas apenas a resolver enormes listas de exercícios sem contextualização.

Na 3ª questão queríamos identificar os livros-texto de Mecânica que os professores utilizam ou utilizaram.

Tabela 3 – Categorização da 3ª questão.

Título	Autores	Editora	Indicações
Os Fundamentos da Física – V.1	Ramalho - Toledo e Nicolau	Moderna	13
Os Tópicos da Física – V.1	Ricardo - Gualter e Nilton	Saraiva	12
Física Clássica – Dinâmica	Caio Sérgio e José Sampaio	Atual	10
Aula de Física – V.1	Toledo e Nicolau	Atual	08
Alicerces da Física – V.1	Shigekiyo, Yamamoto e Fuke	Saraiva	08
Curso de Física – V.1	Beatriz e Máximo	Scipione	07
Temas de Física – V.1	Bonjorno-Clinton- Regina	FTD	06
Física – V.1	Alberto Gaspar	Ática	05
Física – V. único	Paraná	Ática	04
Física - Mecânica	Dalton Gonçalves	Ao Livro Técnico	04
As Faces da Física	Oswaldo e Wilson	Moderna	04

Ao analisar essa relação dos onze livros mais citados, observamos que nenhum deduz a Lei de Newton da Gravitação Universal. Também é relevante observar que o livro Curso de Física, de Máximo e Beatriz (5), que apresenta atividades construtivistas, só teve 07 (sete) indicações. Os livros mais indicados pelos professores não sugerem atividades construtivistas, são livros que favorecem uma educação bancária, não contextualizam a Física e não passam atividades práticas para os alunos. A finalidade maior desses livros é ajudar a preparação do aluno para resolver as questões de vestibulares. São livros mais técnicos, que não incentivam a leitura crítica da ciência Física. São livros que precisam se adequar aos PCN (6).

O livro **Física 1 – Mecânica**, do Pauli et al. (8), que só teve duas indicações, é o livro que aborda, numa linguagem de Física e Matemática para o Ensino Médio, a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal e do Trabalho da Força Gravitacional. Foi esse livro, que não é mais editado, que nos inspirou a fazer o trabalho de pesquisa sobre a possibilidade das deduções no Ensino Médio e em especial a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal.

Na 4ª questão pedimos para o professor assinalar os assuntos, de acordo com os códigos: a. *Ministra deduzindo*; b. *Ministra só descrevendo, sem deduzir*; c. *Nunca ministrou*.

Tabela 4 – Categorização da 4ª Questão.

Assuntos	a	b	c
1. Função horária do espaço do MUV.	14	4	-
2. Equação de Torricelli.	14	4	-
3. Velocidade escalar média é igual a media aritmética das velocidades inicial e final no MUV.	13	5	-
4. Equação da altura máxima no lançamento oblíquo.	10	8	-
5. Equação do alcance horizontal no lançamento oblíquo.	10	8	-
6. Teorema da energia cinética.	12	6	-
7. Teorema do impulso.	12	6	-
8. Equação do coeficiente de restituição.	4	11	3
9. Teorema de Stevin.	10	6	2
10. A Lei de Newton da Gravitação Universal.	4	11	3
11. A equação da velocidade de um satélite em órbita circular em torno do centro da Terra.	8	7	3
12. Trabalho da força gravitacional para o caso de g variável.	4	8	6
13. A equação de Gauss das lentes esféricas.	4	13	1
14. A equação de Halley dos fabricantes de lentes.	1	14	3
15. A equação da pressão de um gás ideal, em termos da teoria cinética dos gases.	5	11	2
16. A equação da energia interna de um gás ideal, em termos da teoria cinética dos gases.	5	11	2
17. A velocidade de arrastamento dos elétrons livres num condutor metálico.	4	8	6
18. O módulo do vetor campo elétrico na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático.	5	11	2
19. O módulo do vetor indução magnética no centro de uma espira.	3	12	3
20. O módulo do vetor aceleração centrípeta.	8	10	-

Tínhamos como objetivo na 4ª questão identificar o perfil do professor a respeito das deduções, se o professor trabalha os conteúdos no nível de justificativa ou se ele é mais pragmático e trabalha só ao nível de conhecer e aplicar.

Observando a tabela 04, constatamos que somente quatro (04) professores (C, D, I, L) realizam a dedução da Lei da Gravitação Universal e quatro professores (D, H, L, M) deduzem o assunto 12. Já em relação ao item 11, cuja dedução é apresentada em 8 (oito) livros, dentre os onze mais citados, encontramos 8 (oito) professores (B, D, E, G, H, I, L, R) que ministram esse assunto fazendo a dedução da fórmula, enquanto 07 (sete) apresentam a fórmula sem deduzi-la (F, J, M, N, P, Q, S), perdendo a chance de aplicar os princípios da dinâmica numa situação-problema ou seja na discussão sobre velocidade de translação, órbita e período de satélites estacionários.

Já os assuntos 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 e 9, que são assuntos de Mecânica, deduzidos na maioria dos livros-texto, observamos que os professores os demonstram em sala. Enquanto isso, os assuntos 14 e 20, que não são deduzidos na maioria dos livros, também não são demonstrados pela maioria dos professores.

Dessa forma, através da análise da tabela 4, observamos que os professores tendem a fazer a dedução dos assuntos somente quando eles são deduzidos nos livros-texto e, às vezes, nem nessa situação.

Na 5ª questão queríamos saber se o professor pensava que um ensino focado no nível de demonstrações das leis e teoremas da Física ajudava os alunos a desenvolver habilidades e competências em compreensão e investigação.

Após análise, identificamos sete categorias que estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Categorização da 5ª questão.

Categorias	Professor	Percentual
1. Sim, pois, ajudam a mostrar as associações científicas, confirmar hipótese e teorias geradas por experiências de observações, utilizar os conceitos matemáticos subjacentes, estabelecendo relações entre as diferentes variáveis com as quais se trabalha.	D, E, F, G, I, J, N e S	44,44 %
2. Sim, pois, ajuda a mostrar que tudo tem uma razão de ser, que existe um princípio histórico que fundamenta. Que a própria seqüência de desenvolvimento leva o aluno ao raciocínio, e instiga-o a investigação.	A e L	11,11 %

3. Sim, dependendo dos conteúdos a serem abordados, dos objetivos do professor em desenvolver competências e habilidades.	M	5,56 %
4. Sim, pois, ajuda a desenvolver habilidades e competências na medida em que a Física seja fundamental para o curso que deseja fazer.	B, C e R	16,67 %
5. Não, porque as demonstrações das leis e teoremas, só servem para responder perguntas como: - De onde veio isso? - Como se chega a essa fórmula? – O senhor sabe demonstrá-la? O que ajuda a desenvolver habilidades e competências é a experimentação e não apenas o cálculo, a parte teórica.	H	5,56 %
6. Não, por serem cansativas. Devemos antes de demonstrar, permitir que os alunos observem, realizem experiências e conheçam a história, a filosofia e a tecnologia que estão ligados a estas leis e teoremas.	O e Q	11,11 %
7. Não respondeu a questão.	P	5,56 %

Dos 18 (dezoito) professores, 14 (catorze) concordaram com a afirmativa. Um professor não concordou, achando que só a experimentação leva o aluno a desenvolver competências e habilidades. Tal resultado é interessante porque parece revelar uma inconsistência quando analisamos a tabela 4. Voltaremos a ela na 10ª questão.

Na 6ª questão tínhamos como objetivo identificar as fontes de consultas que o professor utiliza na preparação de suas aulas. Obtivemos as seguintes respostas:

Tabela 6 – Categorização da 6ª questão.

Fontes de consulta	Professores	Indicações
a) Livros didáticos	B, E, G, I, J, L, M, N, Q e R	10
b) Internet	A, C, D, F, G, I, M e S	08
c) Livros de graduação	E, G, I, L, M e R	06
d) Livros	A, C, D, F, O e S	06
e) Revistas	A, C, D, E, F e M	06
f) Jornais	E, F e M	03
g) Experiência própria	H e I	02
h) Material próprio da escola	B e Q	02
i) Outros materiais	D e E	02
j) Não indicou as fontes de consulta	P	01

Percebemos que o maior número de indicações se refere aos livros didáticos 10 (dez). Apenas 06 (seis) professores recorrem a livros de graduação como fontes de consultas. Desses 06 (seis) professores, somente os professores I e L

deduzem a Lei da Gravitação Universal. Os professores C e D, que indicaram na 4ª questão que deduziam a Lei, não explicitaram os tipos de livros que servem de consultas.

Na 7ª questão tínhamos como objetivo específico saber se na sua prática, o professor deduzia ou não a Lei da Gravitação Universal e porquê. Após análise dos questionários, identificamos 08 (oito) categorias, que estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Categorização da 7ª questão.

Categorias	Professor	Percentual
1. Nunca ministrou o assunto.	A, J e O	16,67 %
2. Não demonstra, pois, no Ensino Médio, depende do fator tempo, interesse, aceitação e nível do aluno.	B, F e Q	16,67 %
3. Não, pois, não conhece a demonstração no nível do Ensino Médio (os livros didáticos não contemplam tal demonstração).	G, N e R	16,67 %
4. Não, pois ainda não me propus a tal.	P e S	11,11 %
5. Não, pois não vejo aplicabilidade, no nível do Ensino Médio.	M	5,56 %
6. Não, porque a lei surgiu de uma observação prática e não de uma demonstração. A consequência da observação dos valores medidos é que resultou na equação da força gravitacional e não o inverso.	H	5,56 %
7. Às vezes, quando há tempo.	E	5,56 %
8. Sim, por ser uma das maiores provas do poder do ser humano, através da ciência, de modificar concepções errôneas acerca do universo e da sociedade. Na sua dedução, Isaac Newton recorreu às suas leis da dinâmica, e outras, entre elas a lei do movimento dos planetas (Leis de Kepler).	C, D, I e L	22,22 %

Quanto a ministrar a Lei da Gravitação Universal, deduzindo-a, já se esperava a confirmação das hipóteses levantadas, pois os livros citados não fazem a dedução. Outro fator também observado foi o baixo número de professores que usam os livros de graduação, que apresentam a dedução, como fonte de consulta. Assim, dos 18 (dezoito) professores, apenas 04 (quatro) demonstram a Lei da Gravitação, 01 (um) afirma que demonstra às vezes, enquanto 03 (três) nunca ministraram o assunto. Logo, temos um total de 11 (onze) professores que, apesar de ministrarem o assunto, não percebem a importância da dedução como estratégia didática para que ocorra uma aprendizagem significativa, isto é, não valorizam a construção da Lei através do uso de conceitos, definições, equações e leis mais gerais que são seus pré-requisitos. Não percebem, portanto,

a hierarquização da disciplina²¹, nem resgatam a construção dessa Lei como resultante de um trabalho coletivo²², que se iniciou com os conceitos da cinemática, as Leis de Kepler e as próprias Leis de Newton.

Na 8ª questão queríamos saber se o professor teve acesso à dedução da Lei de Newton numa linguagem física e matemática adequada para o Ensino Médio. Após a caracterização das informações, identificamos seis categorias:

Tabela 8 – Categorização da 8ª questão.

Categorias	Professor	Percentual
1. Sim. Em livros para o ensino médio.	C e D	11,11 %
2. Sim. No livro Física 1 – Pauli	B	5,56 %
3. Sim. De uma apostila do próprio pesquisador.	A	5,56 %
4. Sim. No trabalho do próprio pesquisador e em livros raros.	I	5,56 %
5. Sim. Física 1 – Pauli; Material de Física do contato.	L	5,56 %
6. Não viu.	E, F, G, H, J, M N, O, P, Q, R e S	66,67 %

Dos 18 (dezoito) professores, 06 (seis) tiveram esse acesso. Apesar disso, apenas 04 (quatro) fazem a dedução e 01 (um), que afirma não ter visto, respondeu anteriormente (ver tabela 7) que às vezes faz a dedução. Neste último caso, surge a dúvida de como isso ocorre, se o professor desconhece a demonstração num nível adequado ao Ensino Médio.

Na 9ª questão tínhamos como objetivo saber se os professores deduziam que a constante da 3ª Lei de Kepler é função da massa do corpo central, que no caso do Sistema Solar é o Sol. Após caracterização das respostas, identificamos oito categorias, que estão apresentadas na tabela 9.

Tabela 9 – Categorização da 9ª questão.

Categorias	Professor	Percentual
1. Sim;	D, E, F, G, L, M, P, R e S	50,00 %
2. Não. Sem justificar;	Q	5,56 %

²¹ Ver (MOREIRA e MASINI,1982, p.23)

²² Ver os PCN quanto à competência e habilidade em contextualização sócio-cultural

3. Não, pois não tinha conhecimento desse assunto, só informa a 3ª Lei de Kepler;	C	5,56 %
4. Não, pois as questões de Gravitação Universal são diretas e muitas demonstrações não funcionam em turmas mistas;	B e N	11,11 %
5. Não, pois não achou relevante a determinação da constante da 3ª Lei de Kepler;	H	5,56 %
6. Não, pois apenas informa que cada sistema Gravitacional tem sua própria constante, logicamente em função da massa central, mas não demonstra;	I	5,56 %
7. Não ministra o assunto;	A e J	11,11 %
8. Não respondeu à questão.	O	5,56 %

Como cinco dentre os onze livros mais citados pelos professores demonstram tal relação, isso pode ter levado 50% dos professores a fazerem o mesmo em suas seqüências didáticas.

Na 10ª questão queríamos saber os fatores que dificultavam os professores de usar a demonstração nas suas aulas. Após análise dos questionários, observamos as seguintes categorias:

Tabela 10 – Categorização da 10ª questão.

Fatores/ Professores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S
1. Imediatismo do aluno.	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
2. O fator tempo, muito conteúdo para poucas aulas.		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X					X
3. A deficiência em Matemática dos alunos.		X	X	X			X	X		X	X						X	
4. A proposta pedagógica da escola.	X												X					
5. A gestão escolar.				X		X							X					
6. Material didático.				X												X		X

Quanto aos fatores que dificultam o uso das deduções nas aulas, percebemos:

- ✓ Quanto ao imediatismo dos alunos, vemos que os mesmos são obrigados a cursar diversas disciplinas que às vezes não têm nada a ver com o seu projeto pessoal, pois a maioria não irá para as áreas de Ciências Exatas ou Médicas, não tendo assim o interesse de saber Física num nível de justificativa;

- ✓ Com relação ao fator tempo, como a relação professor-aluno é semelhante à relação prestador de serviço-cliente, a necessidade da sobrevivência na rede privada leva o professor a trabalhar o conteúdo de acordo com o interesse dos alunos, dificultando uma abordagem mais crítica e construtivista dos assuntos. Nesse sentido, constatamos que boa parte das aulas no Ensino Médio é expositiva e dedicada à resolução de exercícios, como as aulas dos cursinhos;
- ✓ Quanto à deficiência matemática, sabemos que isso tem a ver com a questão da *quebra dos pré-requisitos*, ou seja, os alunos são promovidos de série sem o *devido mérito*, pois nas escolas privadas o índice de reprovação é baixíssimo, para evitar a evasão de alunos, enquanto na escola pública o índice de aprovação é um dado importante para os governos adquirirem recursos junto ao Banco Mundial. A ausência dos pré-requisitos é constatada quando são feitas avaliações sobre os conhecimentos de nossos alunos por Instituições Internacionais;
- ✓ A proposta pedagógica da escola de Ensino Médio, voltada exclusivamente para o resultado do vestibular, provavelmente impede uma abordagem construtivista dos conteúdos, não levando em conta as diretrizes estabelecidas pelos PCN (6) para o ensino de Física e para o Ensino Médio;
- ✓ Com relação à gestão, o número excessivo de alunos por sala, redução de custos, a pequena carga horária da disciplina (04 turnos em Escola Pública) e a falta de laboratórios de Física na maioria das Escolas são provavelmente fatores que impedem uma abordagem mais construtivista;
- ✓ Quanto ao material didático, realmente é de estranhar que a lei de Newton da Gravitação Universal na maioria dos livros-texto seja apresentada de maneira postulada, como se fosse uma definição, levando o aluno a mais uma memorização. Os livros de Máximo e Beatriz (5), Gaspar (4) e Talavera (9) são materiais que já apresentam uma preocupação da abordagem da Física de maneira contextualizada, estando mais de acordo com os PCN (6) do que os demais.

Na 11ª questão tínhamos como objetivo perceber que grau de importância o professor dava para a abordagem da Gravitação Universal e quantas aulas, em média, ele utiliza para ministrá-la. Após análise dos questionários chegamos a seis categorias:

Tabela 11 – Categorização da 11ª questão.

Categorias	Professor/ Nº de aulas		Percentual (%)
1. De fundamental importância por tratar dos fenômenos físicos do universo, como também, ponto de partida para o desenvolvimento das Ciências e a da própria humanidade.	B	6 a 12	33,33
	F	6	
	I	8 a 10	
	L	8 a 20	
	R	8	
	S	6	
2. Todos os assuntos possuem a sua importância, porém, a Gravitação Universal é importante também como pré-requisito para outros assuntos, como eletromagnetismo e eletrostática.	D	6	22,22
	H	8	
	N	8	
	P	4 a 6	
3. Relevante, grande aplicação prática no cotidiano dos alunos.	G	6	11,11
	M	Não indicou	
4. Importante pela generalização (movimento, força, energia, quantidade de movimento), por justificar os resultados experimentais e ou observações, através da Matemática e por utilizar conhecimentos básicos anteriores na construção de novos conhecimentos.	E	6 a 15	5,56
5. Pouca importância por ser complexo para ser ensinado e aprendido.	C	3	11,11
	Q	3	
6. Não leciono, pois é pouco abordado no vestibular.	A; J;	-	11,11
	O		

Quanto ao grau de importância do assunto “Gravitação Universal” no Ensino Médio, observamos que: 03 (três) professores não o abordam por ser pouco exigido no vestibular; outros 02 (dois) não abordam por acharem complexo para ser ensinado e aprendido. Estranhamos a resposta do professor C, haja vista que o mesmo respondeu na quarta questão que deduzia a Lei. É bem provável que o professor C também não deduz a lei de Newton da Gravitação Universal, pois sua resposta da 11ª questão não é condizente com o perfil de um professor que valorizaria a dedução da Lei.

Além disso, observe que ele afirma utilizar três aulas para todo o capítulo de Gravitação. Provavelmente o professor não entendeu quando perguntamos se ele ministrava o assunto deduzindo a Lei. Quanto aos professores A, J, O e Q, todos estão fazendo Mestrado em Ensino das Ciências e, mesmo assim, não perceberam a importância do tema, tanto do ponto de vista da generalização da

lei que rege o movimento dos astros, como de contextualizar esse conteúdo, por exemplo, ressaltando a importância estratégica da base de lançamento de Alcântara para lançar satélites geostacionários, assim como, pelo fato histórico da evolução do pensamento científico-filosófico da humanidade, com a quebra do paradigma aristotélico. Por suas respostas, vemos quanto é determinante no Ensino Médio a questão do Vestibular. Caberia uma maior sintonia por parte das bancas redatoras de vestibulares nas elaborações das questões do vestibular com aquilo que o MEC através dos PCN (6) apregoa para o Ensino Médio.

O tema Gravitação Universal é um tema, por excelência, para se trabalhar a interdisciplinaridade entre Física, Filosofia, Matemática, História e Religião. Além disso, ao valorizar esse capítulo estaríamos em acordo com os PCN (6) no que diz respeito a desenvolver habilidades e competências em relação à contextualização sócio-cultural, pois ajudaria o aluno a:

- *Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.*
- *Reconhecer o sentido histórico, das Ciências e das Tecnologias, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.*

Conclusões

Os livros adotados ou indicados pelos professores (ver tabela 3), com exceção do livro de Máximo e Beatriz (5), não indicam seqüências didáticas construtivistas para o professor aplicar aos alunos. Dos livros citados, nenhum deduz a lei de Newton da Gravitação. A demonstração da Lei da Gravitação Universal é possível, pois os livros do Pauli (8) e o de Talavera (9) a deduzem numa linguagem física e matemática no nível do Ensino Médio. Alguns livros de Graduação também a abordam numa linguagem que não usa equações diferenciais.

Observamos, através dos dados da tabela 2, que os professores nos seus discursos defendem uma postura construtivista, apesar de suas práticas serem de aulas expositivas, em que os assuntos são apresentados de maneira postulada, conforme a tabela 4. Além disso, esses professores acham natural a existência dos cursinhos, que preparam os alunos para enfrentar o vestibular através da aprendizagem por recepção memorizada.

Apesar de quatorze dentre os dezoito professores acharem importante fazer deduções (ver tabela 5), somente quatro afirmam que deduzem a Lei de Newton da Gravitação Universal, indicando que a percepção do professor sobre a relevância de uma determinada metodologia não é suficiente para garantir a introdução da mesma na sua prática docente.

A partir da tabela 4, constatamos que apenas 40% dos assuntos apresentados na mesma são ministrados com deduções por mais da metade dos professores que constituíram nossa amostra. É interessante notar que esses assuntos correspondem aos que são deduzidos pela maioria dos livros didáticos, reforçando a importância dos mesmos para a prática do professor.

Cruzando os dados das tabelas 6 e 8 vemos que dos quatro professores (C, D, I e L) que afirmaram que deduzem a lei: o professor C consulta Internet e livros (sem especificá-los) e responde que viu a demonstração em livros do Ensino Médio, apesar dos livros que ele afirma na 3ª questão, que usa ou usou, não deduzirem a lei; o professor D consulta Internet, livros (sem especificá-los), revistas e outros materiais, diz que viu a dedução em livros do Ensino Médio, mas não lembra em qual livro. É interessante notar que os livros que o professor indica na 3ª questão não deduzem a lei. O professor I afirmou ter tido acesso a essa dedução através de livros raros, que podem ou não ser livros de graduação, além de através da nossa pesquisa. Esse professor afirmou consultar livros didáticos, Internet e livros de graduação para a preparação de suas aulas. Já o professor L teve acesso a essa dedução através do Pauli (8) e de apostila do Curso Contato. Desse modo, todos que afirmaram fazer a dedução apoiaram-se em livros do ensino médio ou em outros disponíveis.

Dos 18 (dezoito) professores, 08 (oito) (A, D, F, I, M, O, P e Q) provavelmente tiveram acesso à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, uma vez que foram alunos de cursos de especialização ou de mestrado nos quais estudaram essa teoria. Apesar disso, dentre esses 08 (oito), só os professores D e I deduzem a Lei da Gravitação Universal, o que estranhamos, uma vez que essa dedução ajudaria na aprendizagem por recepção significativa, pois estaríamos reforçando na estrutura cognitiva do aluno o emprego das Leis de Newton e de Kepler, dos conceitos da Cinemática e da Geometria Euclidiana para construir a Lei da Gravitação Universal num processo que respeitaria a estrutura cognitiva do aluno e a estrutura hierárquica da disciplina.

Apesar de 09 (nove) professores (D, E, F, G, L, M, P, R e S) afirmarem demonstrar a relação da constante de Kepler com a massa central, que corresponde a uma seqüência inversa da demonstração da Lei de Newton da Gravitação Universal, e que é demonstrada na maior parte dos livros que eles consultam, somente 02 (dois) deduzem essa Lei. Esse resultado corrobora a importância do livro didático como apoio para a prática pedagógica do professor.

Talvez agora, com os trabalhos de Talavera (9), de Pauli (4), com os artigos recentes sobre a Gravitação Universal de Freire, Matos e Valle (3) e de Dias, Santos e Souza (2) e com a dissertação de mestrado de Cavalcanti (1), os professores disponham de apoio suficiente para deduzir a Lei de Newton da Gravitação Universal nas suas próximas aulas sobre esse assunto e, assim como Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (5), citados na 1ª página deste artigo, passem a dar o devido valor a essa lei em relação ao ensino da Física Clássica como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAVALCANTI, Gilberto de Holanda. **Reflexões sobre o uso da dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal no ensino médio**. 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado Em Ensino das Ciências) - Departamento de Educação – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.
2. DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de., **A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio)** - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26 nº 03, p. 257 a 271, 2004.
3. FREIRE, Olivial Júnior; MATOS, Manoel Filho; VALLE, Adriano Lucciola do. **Uma exposição Didática de Como Newton Apresentou a Força Gravitacional**. Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, publicado na revista Física na Escola, v. 5, nº 1, p. 25 a 31, 2004
4. GASPAR, Alberto. **Física Mecânica**, manual do professor v.1. 1ª edição. São Paulo. Editora Ática, 2001.

5. MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física.** vol 1. São Paulo: Scipione, 2000.
6. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Ensino Médio. Ministério da Educação. Brasília, 1999. 364 p.
7. MOREIRA, M. A; MASINI, E. **Aprendizagem Significativa:** A teoria de David Ausubel. São Paulo. Editora Moraes, 1982.
8. PAULI, Ronald Ulysses; MAJORANA, Felix Savério; HEILMAN, Hans Peter; CHOEFI, Carlos Armando. **Física 1** – Mecânica. São Paulo: EPU, 1978.
9. TALAVERA, Alvaro Csapo. **Física:** mecânica IV – São Paulo: Editora: Nova Geração, 2004.

APÊNDICE

Nome: _____
 Instituição que leciona: _____
 Leciona Física há quanto tempo: _____
 Data do preenchimento: _____
 Telefone e e-mail para contato: _____

1. Sobre sua formação acadêmica, complete e assinale (I) os cursos que você possui e (II) o que você atualmente está fazendo:

- () Licenciatura Plena em;
 () Bacharelado em;
 () Especialização em Educação.....;
 () Mestrado em.....;
 () Doutorado em.....;
 () Outra formação Superior:.....

2. Na sua visão deve ou não haver diferença entre às aulas de Física nos cursinhos preparatórios para o vestibular e as aulas de Física das séries normais do ensino médio, e por quê?

3. Cite os nomes dos livros de Física de Mecânica que você usa e usou ao longo de sua carreira.

4. Assinale, de acordo com o código, os assuntos abaixo:

- a. Ministra deduzindo;
 b. Ministra só descrevendo, sem deduzir;
 c. Nunca ministrou.

- 1.() Função horária do espaço no MUV;
 2.() Equação de Torricelli;
 3.() Velocidade escalar média é igual à média aritmética das velocidades inicial e final no MUV;
 4.() Equação da altura máxima no lançamento oblíquo;
 5.() Equação do alcance horizontal no lançamento oblíquo;
 6.() Teorema da energia cinética;
 7.() Teorema do impulso;
 8.() Equação do coeficiente de restituição;
 9.() Teorema de Stevin;
 10.() A Lei de Newton da Gravitação Universal
 11.() A equação da velocidade de um satélite em órbita circular em torno do centro da Terra;
 12.() O trabalho da força gravitacional para o caso de g variável;
 13.() A equação de Gauss das lentes esféricas;
 14.() A equação de Halley dos fabricantes de lentes;
 15.() A equação da pressão num gás ideal, em termo da teoria cinética dos gases;
 16.() A equação da energia interna de um gás ideal, em termos da teoria cinética dos gases;

- 17.() A velocidade de arrastamento dos elétrons livres num condutor metálico;
18.() O módulo do vetor campo elétrico na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático;
19.() O módulo do vetor indução magnética no centro de uma espira;
20.() O módulo do vetor aceleração centrípeta.

5. Um ensino focado no nível de demonstrações das leis e teoremas da Física ajuda a desenvolver habilidades e competências em compreensão e investigação?

() Sim

() Não

Justifique: _____

6. Ao preparar as suas aulas geralmente você recorre as quais fontes de consultas.

7. Quando você ministra aula sobre Lei de Newton da Gravitação Universal, na sua seqüência didática é contemplada a demonstração da mesma, sim ou não e por quê?

8. Você já viu a dedução da Lei de Newton da Gravitação Universal numa linguagem sem derivadas, ou seja com Física e Matemática no nível proximal do aluno, do ensino médio?

() Sim

() Não

Caso afirmativo onde: _____

9. Ao abordar a Lei de Newton da Gravitação Universal você demonstra a dependência da constante da 3ª Lei de Kepler com a massa do corpo central, por exemplo, o caso do sistema Solar?

() Sim

() Não

Caso negativo, por quê? _____

!0. Quais os fatores ao seu ver impedem ou dificultam o uso de demonstrações nas suas aulas?

11. Dentro do ensino da Física no Ensino Médio que grau de importância você dá para a abordagem da Gravitação Universal e quantas aulas, em média você leva para ministrá-la?
-
-

Normas da Revista, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, para onde o artigo foi enviado.

O artigo deve conter:

1. Nome completo do(s) autor(es) e do(s) estabelecimento(s) onde trabalha(m), com seu(s) respectivo(s) endereço(s), em folha separada do artigo.
2. Original em três vias.
3. Apresentação de um resumo no idioma do respectivo artigo.
4. Apresentação de um resumo em inglês (se possível).
5. Indicação de palavra-chave no idioma do artigo e, se possível, também em inglês.
6. Ilustrações bem nítidas.
7. Fotos em preto e branco.
8. Referências bibliográficas seguindo as normas da ABNT.
9. O artigo deve ter, no máximo, 25 páginas (em letra tamanho 14, pelo menos, 18 pt).