

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Instituto de Física

O ensino de Gravitação Universal a partir da teoria da aprendizagem significativa, elementos de  
história da ciência e metodologias ativas

Fernando Shinoske Tagawa de Lemos Pires

Porto Alegre  
2023

Fernando Shinoske Tagawa de Lemos Pires

O ensino de Gravitação Universal a partir de elementos de história da ciência e metodologias ativas de ensino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física sob Orientação do Prof. Dr. Caetano Castro Roso

Porto Alegre  
2023

## Agradecimentos

Minha jornada como estudante de Licenciatura em Física não foi nada fácil e tenho certeza que para muitos colegas também não foi, metade de nossas graduações foram cursadas no momento mais sombrio e assustador dos últimos tempos, a pandemia de COVID-19. Mas finalmente cheguei neste momento em que inicio a escrita dos meus agradecimentos às pessoas que colaboraram para que eu conseguisse terminar este curso, agradeço a elas nominalmente.

Primeiramente, quero agradecer a minha mãe, Fernanda, e ao meu padrasto, Thiago, por terem me criado, apoiado e sustentado durante a minha vida, sobretudo nos últimos 5 anos, período que levei para me formar, se não fosse pelo trabalho, dedicação e compreensão de vocês certamente não estaria me formando agora;

Agradeço também a todos os outros membros da minha família, meu pai, minhas avós, meu dindo, tios e tias, que de alguma forma foram importantes ao longo dessa jornada;

Ao professor Leonardo Albuquerque Heidemann, por ter sido minha primeira inspiração como modelo de professor de Física quando entrei na graduação, pela compreensão, ensinamentos e orientação. Suas aulas de Laboratorio Didatico de Fisica mudaram minha vida, aqui e agora crio a coragem para pedir desculpas pelo péssimo aluno de iniciação científica que fui;

Ao professor Nathan Willig Lima, pelas maravilhosas aulas de transposição didática II e Termoestatística, as melhores disciplinas que cursei na graduação. Pela orientação no projeto de extensão, que fez eu ter certeza de que quero continuar estudando e pesquisando após o término do curso;

Ao professor Matheus Monteiro Nascimento, pelas excelentes aulas nas disciplinas de Física Geral II, Transposição Didática II e Teoria Eletromagnética, pela compreensão e paciência quando fiquei doente e fui internado no hospital;

Ao professor Dioni Paulo Pastorio pelas aulas de Física Geral I e orientação na Residência Pedagógica, momento em que aprendi muito sobre Metodologias Ativas de Ensino.

Ao professor Eduardo Henrique de Mattos Brietzke, por ser uma imensa inspiração e fazer eu me apaixonar por Matemática, minha única tristeza na graduação é ter reprovado em cálculo A com o senhor;

Ao meu colega, amigo e irmão de graduação, Marcelo Augusto Xavier Rodrigues pelas horas e horas de estudo colaborativo, aulas, conversas, resenhas, festas, amizade e parceria durante toda a graduação, não estaria me formando agora se não fosse, também, por ti;

Aos meus amigos, João Guilherme, Wanderley, Rafael, Wallace, Júlio, Klaus, Luis, Gabriel, Lucas e Ícaro, obrigado pelos momentos no Discord, gameplays, brigas, risadas, conversas sobre a

vida e as perspectivas sobre o futuro, sobretudo na pandemia, se não fosse por vocês jamais teria tido ânimo e coragem para enfrentá-la e continuar estudando;

E por fim, a Kerolen, dedico meu último agradecimento a ti apenas pelo tempo em que passamos juntos enquanto estive na graduação, pois definitivamente tu fostes a última pessoa que fez parte desse período a quem eu devo agradecer. Estes últimos dois semestres foram os melhores e mais leves do curso graças a ti, nunca esquecerei o que tu fizeste por mim quando estive no hospital e para sempre serei grato, obrigado por ser minha melhor amiga, companheira e acima de tudo o meu grande amor.

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2 REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 A Teoria da Aprendizagem significativa.....	7
2.2 As metodologias ativas no ensino de física.....	9
2.3 O Peer Instruction e o Just in Time Teaching.....	10
2.4 A história da ciência no ensino de ciências.....	12
<b>3 OBSERVAÇÕES E MONITORIA.....</b>	<b>13</b>
3.1 Caracterização da escola.....	13
3.2 Caracterização das turmas.....	15
3.3 Caracterização do tipo de ensino.....	15
3.4 Relatos de observação/monitoria.....	17
<b>4 PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA.....</b>	<b>39</b>
4.1 Cronograma de Regência.....	39
4.1 Aula 1.....	40
4.1.1 Plano de Aula.....	40
4.1.2 Relato de Regência - Turma 101.....	42
4.1.3 Relato de Regência - Turma 103.....	46
4.2 Aula 2.....	49
4.2.1 Plano de Aula.....	49
4.2.2 Relato de Regência - Turma 101.....	51
4.2.3 Relato de Regência - Turma 103.....	56
4.3 Aula 3.....	59
4.3.1 Plano de Aula.....	59
4.3.2 Relato de Regência - Turma 101.....	61
4.3.3 Relato de Regência - Turma 103.....	67
4.4 Aula 4.....	70
4.4.1 Plano de Aula.....	70
4.4.2 Relato de Regência - Turma 101.....	71
4.4.3 Relato de Regência - Turma 103.....	73
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>79</b>
APÊNDICE A - Slides das aulas.....	79
Aula 1 - Apresentação da unidade didática - Turma 101.....	79
Aula 2.....	82
Aula 3.....	85
APÊNDICE B - Questões do Peer Instruction.....	88
APÊNDICE C - Questionário conceitual final.....	90
APÊNDICE D - Questões da tarefa de leitura.....	91
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>
ANEXO I - Tarefa de leitura prévia a aula 3.....	92

## 1 INTRODUÇÃO

O curso de Licenciatura em Física da UFRGS sofreu uma drástica mudança em seu currículo disciplinar no ano de 2018, ano em que ingressei na graduação. Com esta mudança o currículo do curso aproximou os licenciandos com a escola desde o início da graduação, o que, sem dúvida, foi impactante no desenvolvimento dos conhecimentos e do entendimento do que é ser professor. O curso de licenciatura em física não se reduz a um bacharelado em física facilitado, as dificuldades são apenas diferentes. O processo de apropriação dos conhecimentos sobre o processo de ensino e aprendizagem de física é extremamente desafiador.

Ao longo do curso, existem algumas disciplinas que possibilitam a interação com estudantes reais e situações concretas. Não se trata apenas de disciplinas, mas também de projetos de fomento à docência, como o PIBID e a Residência Pedagógica. No entanto, nada se compara à disciplina de estágio de docência em Física III. Esta disciplina representa o ápice do curso e, sem dúvida, é o desafio mais exigente dentre todos. Talvez a principal dificuldade resida no fato de que, pela primeira vez, nos encontramos em uma posição de controle total, o que pode gerar um sentimento de desespero.

A disciplina começa com a captação de uma escola que esteja interessada em ofertar a possibilidade de realizar um período de observação e regência com duas turmas de ensino médio, nesse momento também inicia um processo burocrático de formalização do estágio. Com o contrato devidamente assinado e formalizado inicia o período de observação e escolha das turmas para a futura regência, nesse período o graduando deve realizar um trabalho de reconhecimento da turma, dos estudantes e a relação destes com o conteúdo e o professor regente. Concomitante ao período de observação é desenvolvido o planejamento didático a ser aplicado no período de regência, é interessante que este planejamento seja desenvolvido de acordo com os interesses e demandas das turmas observadas. Por fim, ao término da observação inicia o período de regência das turmas.

É importante destacar que devido a defasagem do calendário da UFRGS com o calendário das escolas estaduais, foi necessário realizar a regência em duas turmas. Portanto, os relatos de observação e regência podem parecer repetitivos em alguns trechos. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo relatar todo o processo realizado durante a disciplina, desde a captação da escola até o final da regência.

Nas próximas Seções serão relatados detalhadamente cada momento singular dessa experiência, começando com a escolha dos referenciais teóricos sobre aprendizagem significativa, metodologias ativas e história da ciência, para fundamentar o planejamento didático. As observações e/ou monitoria fazem parte da terceira seção, nela será relatado as características gerais da escola, as características das turmas, do tipo de ensino vigente e as 22 horas-aula observadas. Na quarta Seção

será descrito o planejamento didático em sincronia com os referenciais teóricos escolhidos e os anseios e interesses de cada turma, os relatos das 16 horas de regência nas turmas 101 e 103 do primeiro ano do ensino médio do Instituto Estadual Rio Branco. Na seção cinco escrevo as considerações finais sobre a experiência vivida durante a graduação e principalmente durante o estágio.

## **2 REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS**

### **2.1 A Teoria da Aprendizagem significativa**

O planejamento didático foi desenvolvido a partir das ideias da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1918-2008). Formulada por David Ausubel em 1968, a teoria da aprendizagem significativa é uma teoria educacional cognitivista. Seus pilares principais são, o conceito de aprendizagem significativa e a diferença da aprendizagem mecânica, os subsunçores, a assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A ideia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe (MOREIRA e MASINI, 1982, p. 7)

Dentre os conceitos fundamentais da teoria de Ausubel talvez o mais importante seja o de aprendizagem significativa. Para Ausubel a aprendizagem significativa é um processo no qual um conceito já existente na estrutura cognitiva do indivíduo interage com o novo conhecimento servindo de âncora, a este conceito pré existente na estrutura cognitiva ele chama de subsunçor. Para a construção da unidade didática, era importante mapear se os estudantes possuíam a noção de que os corpos caem para a Terra por causa da gravidade. Este subsunçor apareceu no discurso de alguns estudantes na sétima e oitava observação.

Dessa forma, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação é ancorada nos conceitos subsunçores. De acordo com Moreira e Masini (1982, p. 7-8), Ausubel entende que os conceitos são armazenados na mente de forma organizada, de modo que conceitos mais específicos se ligam a conceitos mais gerais e inclusivos do conhecimento, formando uma hierarquia conceitual. A estrutura cognitiva é, portanto, essa estrutura hierárquica dos conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo. Contrariamente à aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica como a aquisição de novos conhecimentos que são incorporados na estrutura cognitiva de forma arbitrária, não se relacionando com os conhecimentos prévios. É preferível que a aprendizagem seja significativa e não mecânica, porém quando não existem subsunçores na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja quando o grupo de conhecimentos é completamente novo, Ausubel diz é necessário que ocorra a aprendizagem mecânica até que o

indivíduo possua conceitos relevantes o suficiente para que possam servir de subsunçores para os novos conhecimentos de determinada área. A respeito das condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa pressupõe-se que:

- a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, i. e., relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não-arbitrária e não-literal (substantiva);
- b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua nova estrutura cognitiva (MOREIRA, MASINI, 1982, p. 14).

O conceito de assimilação surge da tentativa de tornar mais claro e preciso a aquisição de conhecimento pela estrutura cognitiva dos sujeitos, segundo Moreira e Masini (1982)

*A assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo (MOREIRA, MASINI, p. 16, 1982).*

Podemos estruturar essa definição de forma simbólica na figura 1 da seguinte forma

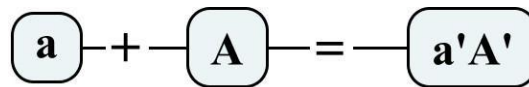


Figura 1: conhecimento novo relacionado ao subsunçor.

Interpretando a figura temos o seguinte: inicialmente existe uma informação nova a, potencialmente significativa, quando ocorre a interação dela com o conceito subsunçor A, já existente na estrutura cognitiva, o resultado dessa interação é um produto a'A' chamado de subsunçor modificado. Esse processo é o que Ausubel chama de Assimilação. Outros dois conceitos importantes da teoria de Ausubel são o conceito de diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Com relação a diferenciação progressiva, Ausubel entende que as idéias mais inclusivas devem ser apresentadas primeiro, pois é mais fácil para os humanos aprenderem os aspectos mais detalhados e específicos quando os conceitos mais gerais já estão presentes na estrutura cognitiva. Esse processo de partir do geral para o específico é chamado de diferenciação progressiva. Durante as aulas da sequência didática partimos do conceito geral que todos os corpos caem para a superfície da Terra por causa da gravidade e então diferenciamos progressivamente esse conceito até chegarmos nos aspectos mais detalhados como a Lei da Gravitação Universal.

No entanto, somente a diferenciação progressiva não se revela suficiente, já que Ausubel enfatiza a necessidade de uma exploração explícita entre as proposições e os conceitos. Isso possibilita a identificação de semelhanças e diferenças cruciais, bem como a reconciliação entre



inconsistências reais e aparentes. Seguindo essa linha, é possível perceber uma reconciliação integrativa durante a apresentação dos modelos geocêntricos de Aristóteles e Ptolomeu e ao final da unidade didática.

## 2.2 As metodologias ativas no ensino de física

As metodologias ativas no ensino (MA) têm como pressuposto fundamental um rompimento com o ensino tradicional expositivo em prol de um ensino transformador e significativo, Diesel, Baldez e Martins (2017) enfatizam que,

*é ainda muito comum a influência do método tradicional de ensino, centrado no docente e na transmissão de conteúdos, em que os estudantes mantêm uma postura passiva, apenas recebendo e memorizando as informações numa atitude de reprodução (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017, p. 270).*

Pensando que a aprendizagem dos estudantes é o objetivo principal do ato de ensinar. Dessa forma, a defesa da utilização das MA em sala de aula pode ser uma forma de alcançar esse objetivo. De acordo com Ribeiro *et al.* (2022), as MA são fundamentadas em cima de sete princípios, são eles: i) aluno como personagem principal no processo de aprendizagem; ii) autonomia; iii) reflexão; iv) problematização da realidade; v) trabalho colaborativo; vi) inovação e; professor como facilitador e ativador do processo de aprendizagem. A representação dos princípios constituintes das MA podem ser visualizados na figura 1



Figura 1: Princípios que constituem as metodologias ativas. Retirado de DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017.

Dos sete princípios principais, talvez o mais importante seja o aluno como personagem ativo no seu processo de construção do conhecimento, na posição ativa o estudante começa a exercer sua autonomia, reflexo de uma atitude crítica e construtiva, fomentada pelas MA. Embora a problematização da realidade e a reflexão tenham sido considerados dois princípios distintos, percebe-se que são indissociáveis (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017, p. 275). Problematizar a realidade é uma forma de enriquecer os conteúdos com contexto social, de preferência o contexto social dos estudantes. Expor os estudantes a situações de aprendizagem com o uso das MA que problematizam a realidade a qual estejam inseridos, permite o exercício da reflexão. O trabalho colaborativo é fruto da utilização das MA porque possibilita aos estudantes situações de interação, discussão e troca de ideias, o que não acontece em aulas tradicionais expositivas, visto que os estudantes se encontram em uma posição passiva de recebimento de informações. Entendendo que o professor como transmissor de informações caracteriza o ensino tradicional, o uso das MA transforma o professor em um facilitador da aprendizagem dos protagonistas, os estudantes. O autor acredita que a utilização de metodologias de ensino ativas pode potencializar a aprendizagem dos estudantes, de acordo com Araujo e Mazur (2013)

*“[...] O desempenho de estudantes envolvidos em metodologias ativas de ensino, medido por testes padronizados, no caso o FCI (Force Concept Inventory), é superior ao desempenho com métodos tradicionais, baseados fortemente em aulas expositivas.” (ARAUJO; MAZUR, 2013a, p. 366).*

### **2.3 O Peer Instruction e o Just in Time Teaching**

Duas metodologias ativas de ensino que potencializam a ocorrência da aprendizagem significativa são: o *Peer Instruction*, criado em 1997 pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard; e o *Just-in-Time Teaching*, criado por Gregor Novak, da Universidade de Indiana, e colaboradores em 1999. Nos parágrafos a seguir serão explicitados tanto o Peer Instruction, quanto o Just-in-Time Teaching.

O Peer Instruction, traduzido para o português como Instrução pelos pares (IpC) é uma metodologia de ensino ativa que se baseia no estudo prévio dos estudantes, e no momento em sala de aula o professor apresenta questões conceituais para que os estudantes possam discutir entre si. A meta principal do IpC é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes (ARAUJO; MAZUR, 2013). Após uma breve exposição oral o professor apresenta uma questão conceitual a turma, geralmente de múltipla escolha, os estudantes respondem primeiro individualmente e pensam em argumentos que

justifiquem a sua resposta. Após a resposta o professor faz um mapeamento das escolhas dos estudantes. Conforme Araujo e Mazur, (2013b) a votação é feita por meio de algum sistema de resposta como flashcards (cartões de resposta) ou clickers, espécie de controles remotos individuais que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. Outra forma de realizar a votação é utilizando os *plickers*<sup>1</sup>.

Com as respostas dos estudantes em mãos o professor pode seguir três caminhos: (1) se a taxa de acertos da turma foi maior do que 70% o professor retoma a exposição oral ou propõe outra questão conceitual; (2) se a taxa de acertos for menor do que 30% o professor explica novamente o conceito por trás da questão e propõe outra questão conceitual, semelhante a primeira, e reinicia o processo; a situação interessante para o IpC ocorre caso a taxa de acertos esteja entre 30% e 70%, nesse caso o professor agrupa a turma em pequenos grupos com no máximo 5 estudantes e pede que cada estudantes tente convencer os outros do grupo com seus argumentos pensados individualmente.

O Just-in-Time Teaching (JiTT), em português traduzido como Ensino sob Medida (EsM) tem como proposta central a otimização do tempo em sala de aula, desse modo as aulas são preparadas com base nas dificuldades dos estudantes, valorizando seus conhecimentos prévios. Esta metodologia permite que o docente, por meio de uma tarefa prévia ao momento da aula, identifique quais conceitos os estudantes compreendem e quais conceitos os estudantes estão com dificuldade, e a partir das dificuldades apresentadas por eles em responder a tarefa prévia o professor prepara uma aula “sob medida” para aquele grupo de estudantes.

Podemos compreender o JiTT dividindo-o em três momentos principais: (1) as tarefas de leitura (TL); (2) as discussões geradas pelas TL em sala de aula; (3) atividades individuais e em grupo fomentadas a partir das discussões em aula envolvendo os conceitos trabalhados na TL. Especificando cada principal momento do JiTT, começando pelas tarefas de leitura, as TL são planejadas ou escolhidas pelo professor como material de estudo prévio ao momento da aula (e.g. um texto, artigo curto, vídeo, simulação computacional), sobre o conteúdo a ser estudado em sala de aula, possibilitando que o estudante formule dúvidas que podem ser respondidas pelo especialista em aula, colocando os alunos em uma posição ativa no seu processo de aprendizagem. Conforme Araujo e Mazur (2013), a TL deve, na medida do possível, relacionar os conceitos estudados com possíveis atividades de interesse dos estudantes. Após a realização da tarefa há um questionário curto<sup>2</sup>, geralmente conceitual, que os discentes devem responder (RIBEIRO; PIGOSSO; PASTORIO, 2019). Dois aspectos importantes sobre as TL são: uma das questões da tarefa deve

---

<sup>1</sup> O Plickers é um aplicativo gratuito de controle de testes que permite a leitura de cartões semelhantes aos flashcards. Disponível em: <https://www.plickers.com>

<sup>2</sup> Segundo Schons, Pigozzo, e Pastorio (2019), não são recomendadas tarefas com mais do que 4 ou 5 questões

servir como um *feedback* do estudante para o professor sobre suas dificuldades e sugestões, pontos que gostou ou não sobre a tarefa proposta, possibilitando que o professor prepare o material da aula focando diretamente nas dificuldades apresentadas pelos estudantes; a avaliação dessa tarefa não deve considerar respostas certas e erradas, mas sim o empenho do estudante em argumentar ao responder. De acordo com Schons, Pigozzo e Pastorio (2019), precisamos pensar na atividade extraclasse como uma extensão da sala de aula, e não como dois universos separados que não estabelecem nenhum tipo de relação entre si. A aula presencial precisa ser uma continuação do que foi realizado em casa. O segundo momento principal do JiTT são as discussões que as TL geram em sala de aula, pois o professor planeja as exposições orais utilizando as respostas dos estudantes como combustível para gerar debates e discussões, e após isso o professor pode solicitar que os estudantes façam alguma atividade, individual ou em grupo sobre o conteúdo trabalhado e discutido em aula.

A terceira aula da sequência didática foi construída a partir das duas metodologias expostas acima. Primeiramente foi disponibilizada uma TL aos estudantes de modo que eles deveriam ler o texto do Anexo I e responder duas questões conceituais mais uma questão de *feedback*. A partir das respostas estruturou-se a aula, combinando JiTT com IpC, pois o momento em sala de sala foi intercalado entre exposições orais e questões conceituais de múltipla escolha fomentando a discussão entre os pares.

## **2.4 A história da ciência no ensino de ciências**

A utilização da história da ciência como ferramenta didática vem sendo discutida, pelo menos desde o século XIX. Ernst Mach foi o fundador da pesquisa formal e organizada em História, Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências (HFCEC), outros físicos proeminentes do século XIX, assim como Mach, eram comprometidos com a filosofia e a escrita de livros sobre o assunto. A física, enquanto área do conhecimento evoluiu de forma não linear, com a colaboração de muitos cientistas, homens e mulheres, e vale ressaltar que em cada episódio histórico de grande desenvolvimento científico há inúmeras controvérsias e problemas filosóficos, epistemológicos e sociais, que são omitidos no ensino de física, de modo a preservar uma imagem empirista indutivista da descoberta científica, quase mística.

O uso adequado de história da ciência como complemento do ensino de ciências permite que os estudantes percebam as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade, o que muitas vezes é omitido nos textos de livros didáticos, como contextos políticos e sociais do desenvolvimento científico, pode ser explorado e potencializar a aprendizagem dos estudantes. Durante as quatro

aulas da unidade didática, o fio condutor por detrás dos momentos expositivos trazia esses elementos de forma sutil, como por exemplo na aula um em que explícito o papel importante desempenhado pela igreja católica em censurar a propagação da teoria heliocêntrica. Segundo Martins (2006), a história da ciência não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas. De acordo ainda com Martins (2006) os estudantes, de qualquer nível, e as pessoas no geral, têm uma visão ingênua sobre a natureza da ciência e suas relações com a sociedade.

Algumas noções que permanecem, ainda hoje, são de que a ciência e o conhecimento científico são definitivos, que apenas gênios podem praticar ciência, colocando-a em um patamar inalcançável. A concepção de que a ciência é imutável é, sem dúvidas, ingênua e incorreta, pois quando olhamos para a sua história vemos que ela é um produto inacabado, sempre sofrendo mudanças, às vezes mudanças extremamente radicais. E quando surge um cientista, ou grupo de cientistas que defendem uma mudança radical em determinada teoria, há disputas entre a velha e a nova proposição teórica. É possível notar durante as aulas uma intensa ruptura entre os conhecimentos científicos gregos e as teorias propostas por Copérnico, Galileu e Newton, rompendo com a tradição grega. O conhecimento científico foi construído por seres humanos, pessoas que têm sentimentos, experiências prévias que interferem em suas visões de mundo, que cometem falhas, que muitas vezes partem de pressupostos incorretos, mas com a colaboração de outros cientistas é possível.

### **3 OBSERVAÇÕES E MONITORIA**

Nesta seção serão relatadas as 22 horas de experiências vivenciadas em sala de aula nas observações e monitorias realizadas nas turmas 101, 102 e 103 do Instituto Estadual Rio Branco. Também serão relatadas as características da escola, do professor regente e das turmas 101 e 103, as turmas que escolhi para exercer o período de regência.

#### **3.1 Caracterização da escola**

O Instituto Estadual Rio Branco, é uma escola localizada na região central de Porto Alegre, na Avenida Protásio Alves. Sua localização estratégica atrai estudantes de diversas partes da cidade, abrangendo desde a zona sul até a zona norte e leste. Apesar de sua fachada discreta, a escola abriga um total de 1150 estudantes matriculados, distribuídos em 28 turmas de ensino médio. O corpo docente é composto por 80 professores, além de outros funcionários que contribuem para o funcionamento da instituição.

No que diz respeito à infraestrutura, a escola se destaca pela sua disposição em três edifícios distintos. Um desses prédios conta com três andares, outro com dois andares, e ainda há um ginásio de esportes e uma quadra de futebol. Há também uma praça para as crianças das séries iniciais do Ensino Fundamental. O conjunto de instalações oferece um ambiente propício tanto para atividades acadêmicas quanto para práticas esportivas. Na figura 2 é possível ver a entrada da escola



Figura 2: fachada da escola

Dentre as instalações disponíveis, destaca-se um auditório bem equipado, com projetor, sistema de ar-condicionado e cadeiras estofadas. Além disso, a escola conta com salas administrativas, incluindo a do diretor, vice-diretor e secretaria para a coordenação pedagógica. Uma biblioteca e laboratório de informática equipado com chromebooks.

O laboratório de ciências do colégio disponibiliza uma variedade de recursos, incluindo livros didáticos e um computador com projetor. O espaço é bem equipado, contando com cinco mesas, cada uma com capacidade para oito cadeiras, e duas bancadas com oito pias, favorecendo a realização de experimentos práticos. O laboratório também está equipado com modelos anatômicos do corpo humano e uma maquete do sistema solar, provavelmente construído por algum estudante.

Durante o período em que realizei o estágio fui informado de que a escola está engajada em diversos projetos de extensão universitária, como o PIBID, Residência Pedagógica e a Estação Meteorológica do projeto de extensão Meninas na Ciência. A escola também sediou o encontro municipal de mostra científica das escolas estaduais de Porto Alegre.

### **3.2 Caracterização das turmas**

As turmas 101, 102 e 103 têm semelhanças e diferenças muito bem definidas. No entanto as turmas são de tamanhos muito diferentes, a turma 101 têm 44 estudantes matriculados, enquanto a turma 103 têm 27. A presença genuína em ambas as turmas se aproxima de 64% dos matriculados. A turma 102 foi observada apenas um dia, porém também tinha muitos estudantes na sala. Eu acabei não observando mais a turma 102 por uma questão de carga-horária, visto que não poderia terminar as horas de observação muito rapidamente, pois o planejamento didático não estava pronto.

O uso contínuo do celular durante as aulas foi um fator extremamente prejudicial que se manteve ao longo de todas as aulas, tanto durante as observações quanto na regência. O desinteresse de muitos estudantes também é fator característico de ambas as turmas, foi possível observar vários estudantes jogando jogos e ouvindo música com os fones durante as aulas. Por ser uma turma com muitos alunos, a 101 tem o problema das conversas em grupo, isso já não acontece na turma 103.

A atenção dos estudantes era escassa, apenas em tópicos muito pontuais, e geralmente na turma 103, pois os estudantes interagem mais com o professor R e em algumas aulas essa interação fugia totalmente dos objetivos das aulas.

### **3.3 Caracterização do tipo de ensino**

O professor R, regente das turmas 101 e 103, leciona atualmente no Instituto Estadual Rio Branco nos turnos da manhã e da noite. Ele é formado em Licenciatura em física, fazendo parte dos 28% dos professores que lecionam física nas escolas públicas da região sul do país que possuem licenciatura na área, de acordo com o censo escolar de 2018 (NASCIMENTO, 2020). O professor R leciona há 20 anos, durante esse período ele trabalhou em diversas escolas públicas e privadas.

Após conversas com o professor R, ele me contou sobre alguns aspectos que ele gosta e não gosta na carreira docente. Para ele, a parte mais difícil do exercício da docência é o momento de avaliar a aprendizagem dos estudantes, ele gostaria de avaliar os alunos mais objetivamente, porém uma avaliação desse tipo – como uma prova, ou teste – é sinônimo de resultados ruins e até

reprovações. Dessa forma, ele opta por avaliações subjetivas e isso lhe causa certo desconforto pois, nas palavras dele, “*eu não consigo ter tanto contato com eles para avaliá-los subjetivamente*”. Sempre que possível, ele gosta de iniciar suas aulas a partir do que estiver escrito no quadro, de alguma aula anterior a dele, primeiramente ele lê o que está escrito e se for possível ele tenta fazer a conexão interdisciplinar entre o conteúdo que está escrito no quadro e os conteúdos de física que ele estiver ministrando no momento para a turma.

Com relação ao tipo de ensino observado nas turmas 101, 102 e 103 posso dizer que foi majoritariamente tradicional, aulas expositivas em que o professor fala durante a maior parte do tempo. Porém o professor tenta transmitir os conteúdos de forma contextualizada, utilizando exemplos próximos do cotidiano dos estudantes. Durante as 5 semanas de observação o professor deu aulas expositivas de formas distintas, no quadro branco, levou os estudantes ao laboratório de ciências, porém a aula no laboratório também foi expositiva, todavia nessa aula ele realizou algumas demonstrações utilizando bolas de basquete e handebol. Em síntese o tipo de ensino é tradicional com exemplos do cotidiano e regularmente são feitas demonstrações para ilustrar os conceitos por trás dos fenômenos.

Tabela 1: Caracterização do professor em sala de aula.

<b>Comportamentos negativos</b>	1	2	3	4	5	<b>Comportamentos positivos</b>
Parece muito rígido com os estudantes				X		Dá evidência de flexibilidade
Parece ser muito condescendente com os alunos					X	Parece ser justo em seus critérios
Parece ser frio e reservado				X		Parece ser caloroso e entusiasmado
Parece irritar-se facilmente				X		Parece ser calmo e paciente
Expõe sem cessar, sem esperar reação dos alunos				X		Provoca reação da classe
Não parece se preocupar se os alunos estão acompanhando a exposição			X			Busca saber se os alunos estão entendendo o que está sendo exposto
Explica de uma única maneira					X	Busca oferecer explicações alternativas
Exige participação dos alunos	X					Faz com que os alunos participem naturalmente
Apresenta os conteúdos sem relacioná-los entre si			X			Apresenta os conteúdos de maneira integrada
Apenas segue a sequência dos conteúdos que está no livro					X	Procura apresentar os conteúdos em uma ordem (psicológica) que busca facilitar a aprendizagem
Não adapta o ensino ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos				X		Procura ensinar de acordo com o nível cognitivo dos alunos
É desorganizado					X	É organizado, metódico
Comete erros conceituais				X		Não comete erros conceituais
Distribui mal o tempo da aula		X				Tem bom domínio do tempo de aula
Usa linguagem imprecisa (com ambiguidades e/ou indeterminações)				X		É rigoroso no uso da linguagem
Não utiliza recursos audiovisuais			X			Utiliza recursos audiovisuais
Não diversifica as estratégias de ensino			X			Procura diversificar as estratégias instrucionais
Ignora o uso das novas tecnologias				X		Usa novas tecnologias ou se refere a elas quando não disponíveis
Não dá atenção ao laboratório			X			Busca fazer experimentos de laboratório, sempre que possível
Não faz demonstrações em aula		X				Sempre que possível, faz demonstrações
Apresenta a Ciência como verdades descobertas pelos cientistas				X		Apresenta a Ciência como construção humana, provisória
Simplesmente “pune” os erros dos alunos				X		Tenta aproveitar erro como fonte de aprendizagem



Não se preocupa com o conhecimento prévio dos alunos			X		Leva em consideração o conhecimento prévio dos alunos	
Parece considerar os alunos como simples receptores de informação				X	Parece considerar os alunos como perceptores e processadores de informação	
Parece preocupar-se apenas com as condutas observáveis dos alunos					X	Parece ver os alunos como pessoas que pensam, sentem e atuam

### 3.4 Relatos de observação/monitoria

Nesta subseção constam as experiências vivenciadas nas 20 horas de observação e monitoria em sala de aula, divididas entre as turmas 101, 102 e 103 do Instituto Estadual Rio Branco.

#### 1ª observação – 06 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 101

#### 2 períodos (7h30min - 9h10min)

#### Estudantes presentes: Não contabilizado

O sinal tocou às 7 horas e 30 minutos mas ainda não estávamos na sala de aula, o professor regente e eu chegamos cerca de 5 minutos depois do início da aula; o professor justifica que como há constantes mudanças nos horários dos professores nunca dá para saber com certeza para qual turma ele deve ir. Percebeu que deveria ir para a turma 101. Entramos na sala e de imediato o professor cumprimentou os alunos e pediu que eu me apresentasse a eles, me apresentei e disse que a partir de hoje iria acompanhar as aulas por um período de tempo para depois enfim dar aula para eles.

De imediato, pois já havia passado boa parte do primeiro período de aula, o professor começou a escrever o conteúdo no quadro. Primeiro ele escreveu o título da aula, quantidade de movimento, abaixo do título ele escreveu uma relação da seguinte forma “ $Q = \text{massa} \times \text{velocidade}$ ”, abaixo de cada termo havia sua respectiva unidade de medida no Sistema Internacional de unidades (SI). Nessa hora o professor perguntou se alguém sabia o que era o SI e, como nenhum estudante soube responder, o professor respondeu que o SI era um sistema que tinha como objetivo padronizar as medidas das grandezas físicas.

Para falar efetivamente em quantidade de movimento, o professor R escreveu no quadro um exemplo numérico, utilizando uma bola de futebol de 450 g que se movia a uma velocidade de 100 km/h. Tentando conectar com o que já havia sido dito sobre o SI, ele solicitou aos estudantes que realizassem a conversão das unidades do exemplo para as unidades do SI. A turma ficou cerca de 10 minutos interagindo com o professor sobre como fazer a conversão de gramas para quilogramas e de quilômetros por hora para metros por segundo. Feitas as conversões corretamente,

a unidade de medida da quantidade de movimento seria o resultado do produto das unidades de massa e velocidade no SI. O cálculo numérico foi rapidamente realizado pelos estudantes, com o auxílio das calculadoras dos celulares.

Em seguida, o professor começou a falar sobre grandezas físicas, definindo uma grandeza como tudo o que pode ser medido, e começou a perguntar para a turma que tipos de coisas podem ser medidas. Respostas como distância, massa, tempo e temperatura foram aparecendo. Então o professor perguntou quais instrumentos de medida podem ser utilizados para medir as grandezas citadas pela turma. Um estudante respondeu que o termostato serve para medir a temperatura. O professor aproveitou o gancho e explicou um pouco o funcionamento da geladeira.

Após a explicação do funcionamento da geladeira, um estudante voltou à questão das grandezas, mencionando que o litro era um tipo de grandeza. A partir daí, o professor começou a falar sobre volume e dedicou um tempo para explicar a unidade de medida padrão de volume, o metro cúbico. Encerrando a série de perguntas sobre o que pode ser medido, o professor pegou uma garrafa de energético de um aluno, leu as informações nutricionais e perguntou para a turma qual a grandeza física das calorias. Como ninguém soube responder, ele explicou que se tratava de energia.

Ao final da aula, o professor diferenciou grandezas escalares de grandezas vetoriais da seguinte forma: as grandezas escalares só precisam de uma informação, o módulo, para que seja possível compreender o que está sendo tratado. Para saber se uma grandeza é vetorial, o estudante deve se perguntar se é necessária mais de uma informação, mas não falou diretamente em módulo, direção e sentido. O professor encerrou a aula introduzindo a ideia de força.

Achei a sequência da aula confusa, o professor se envolve com os exemplos que a turma fornece e acaba fugindo um pouco do conteúdo proposto. Gostei da relação dos estudantes com o professor, é uma relação amistosa. A todo o momento o professor tentava trazer os estudantes para as discussões da aula, o que considero uma atitude correta tendo em vista a necessidade de envolvê-los com o conteúdo apresentado. Acredito que essa atitude do professor é uma forma de não dar uma aula completamente tradicional; penso que essa turma aceitaria bem uma aula com metodologias ativas.

**2ª observação – 06 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 103**

**2 períodos (9h10min - 11h10min)**

**Estudantes presentes: 16**

Nesta turma, estavam presentes 16 estudantes. O início da aula foi exatamente igual ao da turma 101. Utilizando o mesmo exemplo da bola de futebol, ele atribuiu valores de massa e

velocidade à bola e perguntou se os estudantes sabiam converter grama para quilograma. No exemplo, a bola tinha 450 gramas e o professor perguntou quantos quilogramas eram equivalentes a 450 gramas. Ele realizou a divisão de 450 dividido por 1000 no quadro. Entretanto, os estudantes não se recordavam de como fazer a divisão de um número menor por um maior. A bolsista N do Residência Pedagógica perguntou se os estudantes sabiam o significado de "1k de likes". Os estudantes responderam que equivalia a 1000 likes. A partir disso, foi possível associar a letra "k" de quilograma com o "k" de likes e compreender que essa letra simboliza o número 1000.

Na sequência, o professor ensinou como realizar a conversão de km/h para m/s e de m/s para km/h, dividindo e multiplicando por 3,6, respectivamente, para a velocidade de 100 km/h da bola de futebol. Continuando a aula, o professor escreveu no quadro a equação  $Q=mv$  e explicou que massa é uma grandeza escalar e velocidade é uma grandeza vetorial. Ele definiu grandeza como tudo o que pode ser medido. Nessa turma, os estudantes foram mais ágeis e responderam que massa e velocidade são grandezas que podem ser medidas. Então, ele deu exemplos de outras grandezas que também podem ser medidas, como deslocamento, profundidade, altura, posição, etc. Uma estudante mencionou que seria possível medir o vento, e o professor, a partir disso, deu o exemplo de que é possível medir a umidade, a velocidade e a pressão do ar.

Introduzindo o conceito de pressão, os estudantes falaram sobre a panela de pressão, e o professor aproveitou essa discussão para explicar o funcionamento da panela de pressão, abordando a relação entre temperatura e pressão - duas grandezas mencionadas previamente. O professor prosseguiu questionando sobre outras grandezas que podem ser medidas, e um aluno mencionou o magnetismo. O professor ficou surpreso com a resposta, mas indagou sobre eletricidade e magnetismo, e alguns estudantes mencionaram aparelhos elétricos, tomadas e fios.

Nessa turma, os dois períodos foram separados por um intervalo. No retorno após o recreio, praticamente não houve discussão sobre os conteúdos de física. Já no final da aula, um estudante perguntou se a gravidade exerce pressão, e o professor respondeu afirmativamente. Ao final da aula, um grupo de meninas começou a questionar o professor sobre a existência de Deus e se ele acreditava em Deus. Incrédulas com a descrença dele em Deus, tentaram convencê-lo sobre a existência de Deus e o retorno de Jesus. A aula encerrou com essa discussão.

Essa aula foi um pouco mais organizada, porque a turma não divagou muito com exemplos distintos de grandezas que podem ser medidas, como na outra turma. Definitivamente os estudantes parecem confortáveis com o ritmo e a aula tradicional do professor, ele tenta prender a atenção dos estudantes na aula pedindo que eles deem exemplos sobre os aspectos do conteúdo, quando questionados alguns poucos estudantes interagem, mas de modo geral a turma é mais

apática, muitos estudantes ficam mexendo no celular e poucos interagem quando o professor faz perguntas. Uma intervenção didática interessante pode ser a relação entre ciência e religião.

### **3ª observação – 06 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 102**

**2 períodos (11:10 -12:30)**

**Estudantes presentes: 28**

O professor iniciou a aula abordando a quantidade de movimento e estabelecendo a diferença entre o movimento puro, caracterizado somente pela velocidade, e a quantidade de movimento, que é o resultado da multiplicação da massa pela velocidade. Ele novamente escreveu a relação no quadro:  $Q = \text{massa} \times \text{velocidade}$ , acompanhada das unidades correspondentes no Sistema Internacional de Unidades (SI). Na aula anterior, o professor usou a unidade monetária do euro como analogia para ilustrar um sistema unificado de medição padrão, assim como o sistema internacional de unidades. No SI, as unidades padrão para massa e velocidade são kg e m/s, respectivamente, sendo a quantidade de movimento medida na unidade resultante da multiplicação dessas duas unidades.

Para tornar o conceito mais compreensível aos estudantes, o professor trouxe novamente o exemplo numérico da bola de futebol utilizado em turmas anteriores. No momento da conversão de quilogramas para gramas, a residente N utilizou a analogia dos "k's de like". Os estudantes compreenderam que a letra "k" representa mil, logo, 1 kg equivale a 1000 gramas. Na conversão de gramas para quilogramas, entenderam que basta dividir o valor 450 por 1000. Com os valores convertidos e o auxílio de calculadoras, os estudantes chegaram ao resultado correto.

Ao detalhar a equação  $Q = mv$ , fazendo a distinção entre grandezas escalares e vetoriais, o professor definiu grandeza como algo que pode ser medido. Depois de listar exemplos de grandezas mensuráveis, como comprimento, um estudante questionou se a força também poderia ser medida. O professor respondeu afirmativamente e indagou qual instrumento era utilizado para mensurá-la. Nenhum estudante soube responder. O professor elucidou que o dinamômetro é o instrumento empregado para essa finalidade, explicando que "dinamômetro" significa literalmente "medidor de força". O sufixo "mômetro" refere-se a medir, enquanto o prefixo "dina" representava a unidade de medida de força antes do newton.

Para ilustrar as grandezas vetoriais, o professor utilizou o conceito de força para explicar a importância de informar tanto a direção quanto o sentido juntamente com o módulo da força, a fim de prever o movimento do objeto sob influência dela. Ele comparou a massa com a força, argumentando que o acréscimo de líquido em uma garrafa resulta em aumento de massa,

informação suficiente para estimar o aumento dessa massa. Nessa turma, ele foi mais além, definindo as três informações necessárias em uma grandeza vetorial: módulo, direção e sentido. Cada um desses aspectos foi explicado, sendo o módulo o valor numérico, a direção relacionada ao plano cartesiano de duas dimensões ( $xy$ ) e o sentido sendo determinado conforme a situação, com direção positiva ou negativa, direita ou esquerda.

Continuando a abordagem das grandezas vetoriais, o professor indagou sobre a direção da aceleração gravitacional. Nesse ponto, os estudantes se agitaram, pois um deles respondeu que apontava para cima, o que gerou risos entre os demais.

No término da aula, o professor retomou o conceito inicial de quantidade de movimento, conectando-o ao conceito de grandezas vetoriais. Com tempo ainda disponível, ele apresentou um exemplo sobre a soma de velocidades, exemplificando operações entre grandezas vetoriais. Ao concluir, propôs um desafio para ser realizado em casa: os estudantes deveriam calcular a velocidade resultante quando as velocidades estão em direções diferentes.

Essa aula foi a única das três que deu para enxergar um começo, meio e fim. Assim como nas outras, muito tempo foi gasto para falar sobre conversão de unidades e exemplos de grandezas e o coração do conceito de quantidade de movimento não foi explorado. Após assistir essa aula, penso que o objetivo dela era a conexão da quantidade de movimento com o conceito de grandeza vetorial. Não achei muito didático quando o professor falou do dinamômetro, pois ele focou mais na etimologia da palavra do que em mostrar o instrumento de fato.

Assim como nas outras duas turmas, gostei da atitude do professor de sempre fazer perguntas aos estudantes e fazer com que eles busquem exemplos que se encaixem no conteúdo que está sendo abordado na aula.

#### **4ª observação – 13 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 103**

**1º e 2º período (7h30min - 9h10min)**

**Estudantes presentes: não contabilizado**

No dia 13 de Junho havia poucos estudantes presentes na turma 103, o professor iniciou a aula perguntando a eles se lembravam a definição de grandeza da aula passada, alguns estudantes responderam corretamente a pergunta. O tema da aula era a ‘conservação da quantidade de movimento em um sistema isolado’, o qual foi desenvolvido pelo professor a partir desse enunciado inicial. Para ilustrar o significado da quantidade de movimento, o aluno P, da residência pedagógica, se propôs a dar um exemplo para a turma sobre a colisão da sua mão com a parede, questionando a turma sobre o que acontecia quando ele efetivamente batia com a mão na parede. A turma respondeu

que a colisão produzia um efeito sonoro, a partir da resposta o residente explicou que esse som era resultado da transformação da quantidade de movimento de sua mão em energia sonora ao colidir com a parede.

Após essa primeira interação com a turma, o professor indagou sobre o significado de uma lei da natureza, porém os estudantes não souberam responder. Nesse contexto, o professor esclareceu que uma lei da natureza é uma afirmação que não pode ser violada e independe das ações humanas. Em seguida, ele registrou no quadro: "Em um sistema isolado, a quantidade de movimento se conserva."

No intuito de ilustrar essa afirmação, o professor propôs uma colisão entre dois carros, um com 100 unidades de quantidade de movimento (simbolizada como "u") e outro com 300 u, totalizando 400 u no sistema. Com esse exemplo, procurou demonstrar que, após a colisão, o valor total da quantidade de movimento permanece constante. Em outras palavras, se um carro inicialmente com 300 u de quantidade de movimento acaba com 250 u após a colisão, o outro carro, inicialmente com 100 u, deverá apresentar 150 u após a colisão, pois o valor total do sistema isolado era de 400 u antes da colisão.

Após a discussão sobre a conservação da quantidade de movimento em um sistema isolado, na qual a turma aparentemente se engajou, o professor propôs um cenário de colisão entre dois carros com valores diferentes antes e após a colisão, questionando se os alunos sabiam explicar essa discrepância. Diante da falta de resposta por parte da turma, o professor explicou que em uma colisão real ocorrem perdas de energia na forma de calor, deformações, entre outros fatores.

Após a explanação do professor e a análise dos exemplos de colisão, ele saiu da sala para buscar os chromebooks e propôs uma atividade que utilizaria os computadores. Nesse ínterim, o residente H assumiu a liderança da turma até o retorno do professor. Na atuação do residente, ele deu mais alguns exemplos sobre conservação de quantidade de movimento, o curioso foi que ele só deu atenção para duas estudantes, as que mais interagem e prestam a atenção, os outros estudantes ficaram mexendo nos celulares, conversando ou dormindo. Quando o professor voltou ele propôs uma atividade de leitura do capítulo 4 sobre quantidade de movimento do volume 1 do material didático *Leituras de Física do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF)*<sup>3</sup>.

Neste capítulo o professor resolveu com a turma dois problemas. O primeiro exemplo tratava de uma colisão entre dois carrinhos de supermercado e o objetivo com esse exemplo era demonstrar aos estudantes a capacidade de previsão da ciência, especificamente da física. Como o exemplo com os carrinhos não convenceu os estudantes, o professor trouxe outro exemplo sobre a ciência forense e perguntou a eles porque os peritos colocam aquelas fitas no chão quando alguém é

---

<sup>3</sup> O material pode ser acessado em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>.

assassinado, curiosamente um estudante, que estava mexendo no celular quando ouviu o exemplo, respondeu que era pra saber calcular a trajetória de queda, o professor complementou a resposta dizendo que com isso era possível supor (prever) qual a arma utilizada no assassinato.

Depois de distribuir os chromebooks entre os alunos e toda a discussão com o exemplo dos carrinhos de supermercado e a ciência forense, o professor propôs à turma que resolvessem o exemplo seguinte, que tratava de uma colisão entre carrinhos bate-bate, no *google classroom*<sup>4</sup> (Google Sala de Aula). Boa parte da turma nem tentou resolver o exemplo, muitos continuaram mexendo nos celulares ou realizando outras buscas com os chromebooks. Com muitas dificuldades, apenas duas estudantes terminaram a atividade. A aula terminou com o professor R explicando para as alunas os erros nas resoluções do exemplo.

Meu primeiro pensamento reflexivo ocorreu durante a observação, percebi que na aula passada o professor dedicou um tempo considerável para falar do SI e das unidades de medida, porém quando apresentou os exemplos das colisões, as unidades de momentum linear foram omitidas e chamadas de unidades de quantidade de movimento, perguntei-me o motivo de dedicar tanto tempo para explicar a importância das unidades de medida e depois omiti-las.

De um modo geral o andamento da aula fluiu muito bem, apesar da turma ser bastante apática, o professor R tenta trazê-los para a discussão a todo momento, questionando e trazendo exemplos. É perceptível que ele dedica bastante tempo nas tentativas de exemplificar os conceitos para a turma, o que eles parecem gostar. Penso que uma atividade utilizando o Peer Instruction pode estimulá-los a interagir mais. O professor R mostrou um gráfico que indica que 70% dos estudantes dessa turma vêm de escolas distintas, talvez por isso não interagem tanto.

### **5ª observação – 13 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 101**

**3º e 4º período (9h10min - 11h10min)**

**Estudantes presentes: não contabilizado**

Na aula do dia 13 de junho com a turma 101, o professor R iniciou a aula conversando com os alunos e perguntando se lembravam das definições de grandezas escalares e vetoriais. Ele conectou esse conceito com a equação da quantidade de movimento  $Q=mv$ . O tema da aula era a conservação da quantidade de movimento. Nessa turma, o professor explicou a definição de um sistema isolado, utilizando o exemplo da colisão entre dois carros, que também foi utilizado na turma 103.

---

<sup>4</sup> Os estudantes e os professores possuem uma conta específica que permite o acesso ao google sala de aula.

Após escrever o enunciado da conservação da quantidade de movimento no quadro, o professor tentou explicar o cerne desse conceito através de uma analogia com o gasto de dinheiro dos estudantes. Por exemplo, se um estudante não trabalha e quer comprar um lanche na escola, ele pede dinheiro aos pais. Quando os pais fornecem o dinheiro, o estudante ganha e os pais perdem. Como essa analogia não ficou clara, o professor recorreu a outra comparação, relacionando a conservação da quantidade de movimento com a diferença entre a temperatura média do corpo humano e a temperatura ambiente. Nesse caso, a temperatura estava a  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  no ambiente e, em média, o corpo humano está a  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O professor explicou que o corpo humano perde calor para o ambiente, reduzindo sua temperatura e, por sua vez, "elevando" a temperatura do ambiente. Essa ilustração visava representar a ideia de que quando alguém perde algo, outra pessoa ganha, o que se conecta com o princípio da conservação da quantidade de movimento.

Após o intervalo, o professor distribuiu os Chromebooks para a turma. Os exemplos do GREF sobre a colisão dos carrinhos de supermercado e dos carrinhos bate-bate, que o professor planejou para a outra turma realizar, foram resolvidos com a colaboração dos estudantes no quadro nessa turma. Após a resolução desses exemplos, o professor propôs uma atividade de leitura e alguns exercícios do GREF sobre conservação da quantidade de movimento para a turma realizar. Uma boa parte dos estudantes se envolveu na atividade e fez perguntas sobre as questões. Em determinada ocasião, duas estudantes me questionaram sobre a diferença entre uma lei da natureza e uma lei jurídica, que era uma das questões da atividade. Tive a oportunidade de ajudá-las a compreender essa diferença. Em outro momento, o residente P estava auxiliando um grupo de alunos a entender um exercício sobre conservação da quantidade de movimento, e pude complementar sua explicação, que pareceu ser compreendida pelos estudantes. A aula encerrou dessa forma, com os estudantes realizando os exercícios. No entanto, o professor não chegou a corrigi-los ou resolvê-los no quadro.

A turma 101 é consideravelmente maior e mais agitada do que a turma 103, eles interagem muito mais entre si e com o professor, boa parte deles também se engaja nas proposições dele, penso que atividades em pequenos grupos podem ser potencialmente significativas para essa turma.

**6ª observação – 27 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 103**

**1º e 2º período (7h30min - 9h10min)**

**Estudantes presentes: 16**



Cheguei no Rio Branco com 10 minutos de antecedência, para minha surpresa todos os estudantes estavam esperando em frente a escola pela abertura do portão principal, 2 minutos depois da minha chegada os portões foram abertos e foi possível entrar na escola. O professor R chegou um pouco atrasado e imediatamente bateu seu ponto e perguntou por recados, não havia nenhum. Ele pegou a chave do laboratório de ciências e o abriu, em seguida foi buscar a turma 103. Nos minutos em que estive sozinho lá pude tirar algumas fotos do laboratório (ver apêndice A). Ele possui 5 mesas de médio porte, para até 8 estudantes e duas bancadas, com 9 cadeiras ao todo, o que eu considero pouco em comparação com o tamanho das bancadas, ao todo há 8 piás distribuídas entre as duas bancadas. há também vários modelos anatômicos do corpo humano no laboratório.

Já perto da 8 horas o professor R registrou no quadro o enunciado da conservação da quantidade de movimento em um sistema isolado, ele iniciou a aula falando sobre a força peso e questionou a turma sobre o porquê os objetos caem, um estudante respondeu “*por causa da gravidade*”, após essa breve introdução sobre força peso e atração gravitacional o professor escreveu no quadro a equação do momentum linear  $Q = mv$ , disse que era uma grandeza vetorial e perguntou se a turma lembrava a definição de uma grandeza vetorial, uma estudante respondeu “*tudo que pode ser medido*”, o professor a corrigiu dizendo que essa era a definição de grandeza. Logo começou a explicar, novamente, o significado de uma grandeza vetorial. Na explicação ele desenhou no quadro o plano  $xy$  e atribuiu dois pontos no eixo  $x$ , um positivo e um negativo e disse que cada ponto estava a uma certa distância do centro  $O$  do plano. Após considerações sobre vetores no sentido positivo e negativo dos eixos  $xy$ , ele escreveu uma situação de dois carros se movendo em sentidos opostos, todos os parâmetros iguais, a única diferença era o sentido das velocidades, ou seja, o valor da quantidade de movimento seria igual, mas um dos carros teria um valor positivo e o outro teria o valor negativo.

Depois de explicar o exemplo, ele ligou o projetor e abriu o texto do GREF, no capítulo sobre quantidade de movimento. Nesse momento uma estudante o chamou para sua mesa e fez uma pergunta, não consegui ouvir direito o teor da dúvida, pois ela falou baixo, mas a resposta do professor foi “*a tua posição como cientista é intuir, se deu um valor que tu não esperava é porque talvez tenha algo a mais que tu não considerou*” creio que a estudante fez algum experimento em casa e foi calcular o valor e não deu o esperado. Depois de explicar o exemplo, ele ligou o projetor e abriu um texto do GREF. Nesse momento uma estudante o chamou para sua mesa e fez uma pergunta, não consegui ouvir direito o teor da pergunta pois ela falou baixo, mas a resposta do professor foi “*a tua posição como cientista é intuir, se deu um valor que tu não esperava é porque talvez tenha algo a mais que tu não considerou*” creio que a estudante fez algum experimento e foi calcular o valor e não deu o esperado.

Continuando a aula ele abriu um exemplo do GREF sobre uma colisão elástica entre dois patinadores, nessa colisão inicialmente ambos patinadores estavam se movendo no mesmo sentido, após a colisão o sentido de um deles mudou. Para visualizar o professor pegou duas bolas, uma de basquete e uma de handebol. E fez uma série de perguntas à turma com o teor de "*se eu fizer isso o que vai acontecer depois?*", alguns estudantes mais engajados foram respondendo corretamente. Essa demonstração me fez lembrar da metodologia Predizer, Observar, Explicar (POE). Como tema de casa, o professor pediu para que eles respondessem o que aconteceria se a bola de handebol fosse arremessada na de basquete inicialmente em repouso. Após a demonstração ele resolveu o exemplo dos patinadores no quadro, resolvendo a equação de conservação do momentum antes e depois, enquanto ele resolvia, perguntou à turma qual deveria ser o valor  $x$  da quantidade de movimento que o patinador que mudou o sentido do movimento após a colisão deveria ter para que o momentum linear total fosse conservado. Um estudante soube responder a pergunta. Depois desse exemplo o professor partiu para o próximo, uma colisão entre duas naves espaciais, enquanto o professor resolvia o problema dialogando com os estudantes, foi possível perceber que alguns deles conseguem acompanhar pequenas contas matemáticas, como equações de primeiro grau. Novamente as duas estudantes chamaram o professor em suas mesas, dessa vez a dúvida era sobre uma colisão entre duas bolinhas, enquanto ele dava atenção às duas, outra aluna o chamou, como ele estava focado ajudando as outras duas não ouviu o chamado. A estudante o chamou novamente, dessa vez ele ouviu, ela queria saber das notas do primeiro trimestre. O professor, então, dedicou um tempo para falar sobre isso. Ele inclusive comentou sobre trabalhos que não foram entregues pelos estudantes e disse que se eles entregassem a nota do primeiro trimestre seria reconsiderada.

Após isso ele avisou que no dia 14/07 aconteceria o encontro municipal de ciências na escola, imediatamente uma aluna perguntou se a participação no evento renderia notas na física, o professor disse que absolutamente sim, inclusive ele incentivou energicamente a participação deles, se disponibilizando a orientá-los na construção do trabalho. O outro recado que o professor deu à turma foi sobre minha participação nas aulas e sobre o grupo da Residência Pedagógica (RP). Ele focou no pessoal do RP, salientando a presença deles no turno inverso para aulas de reforço, ele também comentou sobre a possibilidade dos estudantes criarem um clube de ciências para estudarem no turno inverso. Mais uma vez as duas estudantes chamaram o professor, dessa vez pedindo para que ele explicasse novamente o exemplo de colisão elástica, dado momentos antes, Após explicar para elas ele se voltou para a turma e perguntou se eles realmente tinham entendido aquele exemplo. Ele trouxe a questão das apostas em jogos para exemplificar a ideia de ganhar e perder, nessa hora um aluno ficou muito empolgado e por um breve momento eles trocaram ideias

amigáveis sobre apostas em jogos de futebol. Na sequência alguns estudantes questionaram sobre o que era possível construir para o encontro municipal de ciências. Eles parecem estar empolgados com a possibilidade de construir um projeto e apresentar no evento, obviamente pelo recebimento de nota nas disciplinas de ciências

Pela quarta vez, a mesma dupla de estudantes chamou o professor em suas mesas solicitando ajuda para entender o conteúdo de colisões e conservação da quantidade de movimento. Já ao final da aula os alunos estavam mais agitados. Um estudante pegou uma pedra e perguntou ao professor o que ele achava que aconteceria se a pedra fosse solta no chão.

*Estudante: Professor, o que tu acha que vai acontecer? Tu acha que a pedra quebra? Eu acho que vai quebrar*

*Professor: Mas isso depende das propriedades químicas da pedra*

*Estudante: depende da força que tu jogar a pedra no chão*

*Professor: não tem como saber, por enquanto tu está só no achismo"*

Após essa breve discussão, o professor realizou a chamada. Durante esse processo, a maioria dos estudantes, predominantemente meninos, começou a interagir com as maquetes de biologia presentes no laboratório. Concluída a chamada, o professor deu por encerrada a aula.

### **7ª observação – 27 de Junho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 101**

**3º e 4º período (9h10min - 11h10min)**

**Estudantes presentes: 24**

Nesse dia estavam presentes 24 estudantes na turma 101, a aula começou com 10 minutos de atraso, por causa do tempo de deslocamento do laboratório de ciências até a sala da turma 101. O professor começou a conversar com a turma, me apresentou novamente a eles e falou sobre o projeto do RP. Nesta turma ele falou primeiramente sobre um questionário que eles poderiam responder sobre a criação de um clube de ciências e astronomia no turno inverso com os residentes. Imediatamente uma estudante perguntou se a participação nesses clubes renderia notas na disciplina, o professor respondeu que não. Na sequência o professor falou sobre o encontro municipal de ciências no dia 14 de Julho, convidando os alunos a participarem. As preocupações dos estudantes se concentraram em "*vai ter aula no dia? Se não vier ganha falta?*" Após esse desinteresse, o professor mencionou que a participação no evento pode render até 5 pontos no trimestre de física, para tentar motivá-los. Ele deu sugestões sobre possibilidades de trabalhos, como a realização de um teatro, envolvendo diversos estudantes, por exemplo. Também disse que o

grêmio estudantil vai participar da organização do evento. Alguns estudantes protestaram com falas do tipo "*eles tem que fazer alguma coisa pelo menos né*".

Terminados os recados o professor deu início ao conteúdo, lembrando o que foi passado na aula anterior. Como a aula foi no laboratório, ele não precisou reescrever o enunciado da conservação da quantidade de movimento. Mas a equação da quantidade de movimento ele escreveu novamente, e perguntou se eles lembravam o que era uma grandeza vetorial, nessa turma ninguém forneceu uma resposta para a questão. Não fornecendo a resposta imediatamente o professor começou a elaborar o exemplo dos carros em sentidos opostos, para explicar o significado de sentido ele disse a turma que recorreremos a matemática para isso, enfatizando o plano cartesiano (já escrito no quadro), alguns alunos reclamaram. Nesta turma ele falou mais detalhadamente sobre o plano cartesiano, explicando que para a direita do eixo  $x$  os valores crescem e para esquerda os valores decrescem, quando chega no valor zero muda o sentido. Retornando ao exemplo dos carros, cujas massas e módulo das velocidades eram equivalentes, ele explicou que a quantidade de movimento, porém, não era equivalente, visto que as velocidades apontavam em sentidos opostos (uma positiva, outra negativa), ou seja, a direção e o sentido interferem no resultado.

Na sequência ele começou a explicar a quantidade de movimento a partir da queda livre da bola de basquete, questionando se após soltar a bola ela retornava a suas mãos, a turma observou que não, então ele explicou porque a bola não retornava, porque havia perdas, e perguntou para o que a bola perdia quantidade de movimento? Ninguém soube responder. Ao invés disso um estudante respondeu "*mas se tu soltar mais forte ela volta para as tuas mãos né professor*", o professor disse que sim, mas que naquele caso que ele estava questionando, ele não fornecia quantidade de movimento adicional a bola, apenas a soltava. Então ele perguntou se apenas soltando a bola porque ela caía no chão? Um aluno respondeu "*gravidade*", na sequência ele explicou as perdas que ocorriam para o chão e portanto a bola não voltava para as suas mãos. Depois ele pegou a bola de handebol e soltou ambas as bolas grudadas, para demonstrar que a bola mais massiva (basquete) após a colisão transferia sua quantidade de movimento para a bola menos massiva (handebol) e portanto esta saltava mais alto.

Continuando a aula o professor partiu para o GREF e trouxe o exemplo dos patinadores novamente, a colisão era elástica, após estabelecer a situação inicial antes da colisão, o professor perguntou à turma o que acontecia com os patinadores após a colisão, pois um continuava no sentido positivo e o outro no sentido negativo. Após o exemplo ele fez a chamada, pois o final do período se aproximava e o intervalo estava prestes a começar. Os estudantes conversaram bastante em seus respectivos grupos, sobre diversos assuntos, mas quando acionados pelo professor aparecem uma ou

outra resposta correta, ou pelo menos uma resposta que pudesse fomentar uma discussão a partir de uma concepção alternativa.

O intervalo acaba às 10:20h, retornamos ao laboratório às 10:31h, mesmo com 11 minutos a mais de intervalo vários estudantes ainda não haviam retornado, de 24 apenas 16 retornaram com o professor. Enquanto esperávamos o chromebook ligar para retomar a exposição com o GREF um trio de estudantes começou a discutir sobre relacionamentos, um menino começou a apontar defeitos em outro, nessa hora uma menina apontou defeitos no primeiro, este se defendeu das críticas, enquanto isso mais dois estudantes retornaram do intervalo. Enquanto eu escrevia uma menina perguntou-me o que eu achava de toda essa discussão sobre relacionamentos, antes que eu pudesse opinar outra menina entrevistou dizendo para não me meterem no meio da conversa, pois estavam me atrapalhando. A aula iniciou às 10:38, com todos os 24 estudantes presentes novamente. No reinício o professor começou a falar sobre o exemplo das naves espaciais, nessa turma ele deixou os estudantes tentarem responder, nessa hora uma estudante disse "*não dá para responder querido*". Outro aluno, porém, se dispôs a responder a pergunta do exercício sobre a colisão das naves espaciais no quadro. Enquanto ele realizava a operação matemática, alguns estudantes se engajaram em responder nos seus respectivos cadernos, outros continuaram conversando sobre a participação feminina nos jogos escolares. Enquanto essa discussão ocorria o estudante tentava resolver o exercício no quadro com o auxílio do professor. Após resolver o exercício o professor passou em algumas mesas, perguntando se tinham feito a atividade, em uma das mesas, composta apenas por meninas elas disseram que estavam falando sobre os jogos escolares, na outra mesa, composta apenas por meninos eles disseram "*tem que fazer? Achei que tu só estava explicando*". Após isso ele foi ao quadro e explicou a resolução do problema, para explicar o ganho e a perda de momentum linear das naves o professor utilizou a analogia monetária. Como no exemplo uma das naves transferiu toda a quantidade de movimento positiva para a outra nave, o professor questionou a turma "*é possível perder mais do que eu tenho?*", novamente ele utilizou o exemplo das apostas para fortalecer o argumento de que é possível perder mais do que se tem, no caso das naves, uma ficou com quantidade de movimento negativa e a outra positiva, porém inicialmente, ambas estavam com quantidades de movimento positivas.

Terminado este problema, o professor iniciou o próximo sobre a colisão de bolinhas de gude. O problema numérico foi resolvido no quadro, me chamou a atenção que enquanto ele resolvia acabou escrevendo um valor incorreto, o qual alguns estudantes mais próximos a ele imediatamente questionaram. Após isso o professor circulou um pouco pelo laboratório e pude escutar ele falando com um grupo de meninas sobre o campeonato de futebol da escola, perguntando se elas iriam jogar. Em determinado momento ele brincou com ela sobre a colisão entre os jogadores

de futebol, dizendo que elas poderiam empurrar os outros durante o jogo, derrubando o colega, nessa hora uma menina questionou com a voz baixa "*quero saber a gravidade quando eu cair*", penso que o conceito de gravidade está presente na cognição de alguns estudantes, mesmo que de maneira equivocada e pode servir como um subsunçor importante para o andamento da minha unidade didática sobre gravitação universal.

Em seguida, o professor propôs um desafio a turma, os estudantes mais a frente se engajaram em responder. O desafio tratava de um professor de física que estava pescando, e em determinado momento ele queria sair do barco aportando no pier, porém quando ele tentava ir para frente o barco andava para trás, como o pescador era professor de física ele soube responder, a questão para a turma era "*o que vocês fariam se estivessem no lugar do pescador?*", os estudantes engajados com o auxílio do professor construíram a resposta. Logo, o professor propôs outro desafio do GREF, dessa vez se tratava de um astronauta abandonado no espaço, longe de sua espaçonave, e a pergunta era "*o que você sugere para ele retornar à nave?*". Nessa hora lembrei de um episódio da série *Love, Death and Robots* em que uma astronauta se encontra na mesma situação e decide arrancar o antebraço para usar como impulso em direção a nave, vários estudantes gostaram do exemplo, pois já tinham assistido o episódio. A aula terminou após a discussão desse desafio do astronauta.

### **8ª observação – 4 de Julho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 103**

**1º e 2º período (7h30min - 9h10min)**

**Estudantes presentes: 17 estudantes**

No dia 4 de julho, cheguei na escola com 10 minutos de antecedência, esperei pelo professor R que chegou logo após o sinal tocar. Entramos na sala de aula da turma 103 às 7:45, enquanto o professor R fazia a chamada e ligava o seu chromebook eu aproveitei os minutos para entregar à turma o questionário sobre atitudes em relação à física. No primeiro momento havia 14 estudantes. O professor cedeu uns 15 minutos da aula para que a turma respondesse o questionário. Enquanto ele recolhia as folhas, uma estudante perguntou o que responder em uma das questões, o professor respondeu "*o que te motiva a acordar cedo e vir para aula estudar leis de Newton?*" Ela respondeu "*o bolsa família*". Quase na metade do primeiro período 3 estudantes chegaram atrasados.

Mais uma vez o professor escreveu no quadro o enunciado "*em um sistema isolado a quantidade de movimento se conserva*", para explicar o que é um sistema isolado ele partiu da aplicação do questionário como motivação, dizendo o seguinte, "*o Fernando aplicou o questionário para vocês aqui e a partir das respostas de vocês ele vai pensar no que fazer. Vocês acham que as*

*respostas de vocês se aplicam para as outras turmas? Não né, pois essa turma é um sistema isolado*". Estendendo a ideia de conservação de movimentos e trocas, ele trouxe a ideia de ganhar e perder novamente, "*se eu ganhei movimento, alguém perdeu*".

Após um breve aquecimento conceitual, trazendo exemplos cotidianos como uma pessoa presa em areia movediça deve puxar uma corda se quiser sair da situação, fazendo uma força para aproximar o objeto em que a corda esteja amarrada, caso a corda não arrebentar ela conseguirá sair, o professor falou sobre as leis da natureza, como a lei da força da gravidade complementando que todos os objetos caem e são atraídos para a superfície da Terra. Nessa hora uma estudante perguntou "*mas e a fumaça professor, ela sempre sobe, ela vai contra a gravidade?*" O professor, então, estimulou essa concepção, instigando "*mas se a fumaça sobe e a lei diz que tudo deve descer, então a lei está errada*". Imediatamente a estudante concordou com a afirmação do professor. Enquanto o professor explicava o conceito de densidade, trazendo como exemplo duas bolas, uma de futebol e uma de aço boiando em uma piscina, o residente H começou a desenhar um cubo no quadro. Feito o desenho, o professor deixou que o residente explicasse o conceito de densidade, logo, o residente trouxe a ideia de bolinhas dentro do cubo e quanto mais bolinhas eram colocadas no cubo maior a densidade.

Após exaurir a discussão sobre densidade, o professor iniciou a exposição sobre as leis de Newton. Imediatamente uma estudante perguntou porque o mar é salgado. O residente H aproveitou e explicou que era por causa dos sedimentos dos rios que desaguam no mar.

Em um dos primeiros slides o professor trouxe uma imagem intitulada "o curioso" para trazer a ideia de fuga do mundo das observações, a imagem era emblemática e tinha uma pessoa que tentava sair do domo da esfera celeste em modelo evidentemente plano da Terra. Na sequência ele trouxe brevemente uma imagem do livro Principia de Newton e começou a falar sobre a mudança conceitual que Newton trouxe para a humanidade, até aquela época os cientistas tinham construído o conhecimento sem uma esquematização rigorosa, e Newton tinha o interesse de traduzir as leis da natureza em princípios matemáticos.

Primeiramente ele falou sobre o princípio da inércia, trazendo um pouco da reflexão feita por Newton, pois a ideia vigente na época era de que o movimento necessitava de força para continuar, e Newton inverteu essa noção, postulando que a força serve para alterar o estado de movimento, uma vez em repouso ou movimento retilíneo uniforme o sistema manterá esse estado até que uma força atue sobre o ele compelindo-o a alterar esse estado. A segunda lei foi introduzida através da ideia de variação de velocidade, nesse momento o professor questionou a turma como é chamada a variação de velocidade, ninguém soube responder, então ele disse "aceleração", o que logo os estudantes compreenderam. Na sequência ele leu o enunciado da segunda no slide "*a*

*variação de movimento é proporcional à força motriz impressa, e dá-se de acordo com a linha reta segundo a qual a força está aplicada".* Por fim falou sobre a terceira lei da ação e reação, como uma extensão da segunda lei, de modo que sempre que uma força é aplicada, ela produz uma força de reação equivalente em módulo e direção, mas com o sentido oposto.

Após discutir sobre as leis de Newton o professor trouxe a problemática da mudança conceitual proposta por Newton, questionando sobre como pensavam os humanos antes dele, começando por Aristóteles e a ideia dos quatro elementos constituintes, água, terra, fogo e ar. Nessa hora, diversos estudantes perderam o interesse e se deitaram sobre suas mesas. Apenas dois estudantes demonstraram interesse nesse tema histórico. Finalmente, ele explicou a ideia aristotélica de que os corpos pesados (água e terra) descem e os corpos leves (ar e fogo) sobem. E conectou com a pergunta inicial sobre fumaça, porém a estudante que fez a questão já havia perdido o interesse e estava dormindo. Já havia acabado o período da aula e logo antes de encerrar, o professor questionou a turma sobre o movimento planetário pensado por Aristóteles que propôs um quinto elemento, na tentativa de explicar esses movimentos, o éter.

Achei curioso que o conceito de gravidade gerou a questão da fumaça e a partir disso o professor entrou no conceito de densidade para responder a concepção alternativa da estudante. Me chamou a atenção que o professor não associou este enunciado a uma grandeza vetorial, já trabalhada nas aulas anteriores. De modo geral a sequência da aula foi boa, o professor foi claro nas suas explicações. Das aulas que observei até o momento, essa foi a mais tradicional. Os estudantes estavam mais apáticos que de costume e muito tempo foi investido na aplicação do meu questionário. Infelizmente não consegui entregar o questionário para os três estudantes que chegaram atrasados, pois no exato momento em que o sinal tocou para o terceiro período eles imediatamente saíram da sala de aula.

**9ª observação – 4 de Julho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 101**

**3º e 4º período (9h10min - 11h:10min)**

**Estudantes presentes: não contabilizado**

Na turma 101 chegamos na sala às 9:15 e minha primeira ação foi distribuir o questionário aos estudantes, o professor cedeu em torno 25 minutos para que a turma respondesse o questionário. Durante esse tempo ele escreveu o enunciado da conservação da quantidade de movimento em um sistema fechado e conversou com alguns estudantes que perguntavam como responder o questionário.



Passados os 25 minutos o professor iniciou a exposição, questionou a turma o significado do termo “conservação” do enunciado no quadro, ao qual um estudante respondeu “*se um carro com 300 bate e fica com zero, alguma coisa ficou com os 300*”, evocando a ideia de conservação de momentum linear. Mais uma vez ele explicou o termo "sistema fechado" usando como exemplo o questionário que eu apliquei com a turma, evocando a ideia de que as respostas fornecidas pela turma diz respeito apenas ao contexto da turma, não se estendendo para todos os estudantes da escola. Logo o professor começou a questionar a turma, se eles sabiam o que realmente significa a conservação da quantidade de movimento. Nessa hora ele viu uma estudante com um cigarro feito com a folha do caderno, com o espanto por achar que era um cigarro de verdade ele se perdeu no raciocínio. Quando ele disse que esqueceu o que estava falando, um estudante comentou "*professor isso é Alzheimer*", o comentário do estudante causou agitação nos outros estudantes.

O professor R, tentando começar o conteúdo, questionou os estudantes sobre o pensamento de Newton e Aristóteles, nessa turma ele começou a exposição a partir da história da ciência e o pensamento de Aristóteles sobre os movimentos, trouxe inicialmente a ideia de que o universo era constituído a partir dos 4 elementos fundamentais, água terra fogo e ar, "*e tudo o que não fosse constituído por estes elementos era feito por uma mistura deles*", disse o professor. Explicando a ideia aristotélica para cada elemento, o professor perguntou sobre a constituição de uma pedra, explicando que ela era constituída por terra e água. Por causa da agitação da turma e os constantes pedidos por liberação antecipada para o intervalo, o professor encerrou o primeiro período faltando ainda 5 minutos para o recreio.

O intervalo acabou às 10:20, mas retornamos a sala apenas as 10:30, o professor iniciou o segundo período fazendo a chamada. Mesmo com 10 minutos a mais de intervalo vários estudantes não estavam na sala ainda. O professor retomou o conteúdo às 10:35, continuando a discussão sobre o pensamento aristotélico e sobre os 4 elementos que constituem o universo. No quadro estava escrito "*Os elementos leves buscam o céu*" para ar e fogo e "*os elementos pesados buscam o chão*" para terra e água.

Continuou a exposição sobre a tradição aristotélica falando que os movimentos naturais eram em linha reta, para cima ou para baixo e apenas os 4 elementos executavam esses movimentos, todos os outros eram chamados de movimentos forçados. Para exemplificar um movimento que não era natural, o professor trouxe o movimento da lua, questionando se o movimento da lua e do sol era em linha reta, a turma não soube responder. Então ele respondeu dizendo que a lua e o sol executam um movimento circular, para Aristóteles esse movimento não era natural, dessa forma ele questionou sobre como era explicado então o movimento celeste, nenhum estudante soube

responder. Por fim ele falou sobre o quinto elemento proposto por Aristóteles, que tinha como propósito explicar o movimento celeste, este elemento se chamava éter.

Fazendo a transição entre o pensamento aristotélico e o de Newton o professor disse “*mas havia um porém, no século 17 uma pessoa não estava satisfeita com essa forma de pensar, o nome dessa pessoa era Isaac Newton*”, e dessa forma ele começou a falar sobre a intenção de Newton em propor leis físicas para explicar as leis da natureza. O professor trouxe um trecho do prefácio do Principia, nele dizia que o objetivo de Newton era investigar as forças dos movimentos. Após isso ele partiu para os postulados de Newton, primeiramente enunciou o postulado da inércia, estabelecendo que o corpo ou está em repouso, ou está em movimento e a força seria o ente necessário para alterar esses estados de movimento ou repouso. Discutindo esse postulado o professor fez uma comparação entre o pensamento de Newton, que pressupunha a força como a responsável por alterar o estado de movimento dos sistemas, e o pensamento aristotélico, que pressupunha que para haver movimento necessariamente deveria haver uma força causando esse movimento. Terminada a discussão do postulado da inércia ele começou a falar sobre o segundo postulado, este estabelece uma relação de proporcionalidade entre a variação da velocidade com a força motriz impressa, a explicação dele a respeito do segundo postulado não ficou completamente clara. Imediatamente o professor partiu para o terceiro postulado, da ação e reação, conectando as ideias de ação e reação com o exemplo do astronauta perdido no espaço, da última aula. Após uma breve fala sobre exemplos de situações em que fazemos força para um sentido e o corpo reage com uma força no sentido oposto, o professor exemplificou subindo em uma cadeira, falando que ao empurrar a cadeira para baixo, a cadeira o empurra para cima.

Na tentativa de explicar o coração da lei da inércia, o professor trouxe o exemplo do estudo, perguntando aos estudantes se eles estudavam em casa, a maioria respondeu que não, o professor então explicou que eles precisavam de uma "força externa" para estudarem. A discussão sobre a segunda lei se resumiu em explicar que a força resultante sobre o sistema produz uma aceleração na mesma direção e sentido da força e a terceira lei, como já havia sido explorada momentos antes, não recebeu muita atenção. A aula foi encerrada com a apresentação dos enunciados modernos das três leis de Newton.

Percebi que a turma estava bastante agitada durante o primeiro período que precede o intervalo. Com a realização do meu questionário, praticamente um período inteiro foi desperdiçado. Particularmente, apreciei a inversão de abordagem adotada nesta turma, na qual o professor utilizou a história como um meio de motivar uma mudança conceitual proposta por Newton.

Os estudantes pareciam não estar muito interessados na exposição, salvo no início, quando o professor ainda estava falando sobre conservação da quantidade de movimento, porém

quando entrou nos aspectos históricos e filosóficos da dicotomia entre a doutrina aristotélica e a inovação newtoniana os estudantes pareceram perder o interesse, nesse momento houve quase nenhuma interação entre professor e turma. Apesar disso, penso que a abordagem histórica pode chamar a atenção da turma, se bem explorada.

### **10ª observação – 11 de Julho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 101**

**3º e 4º período (9h10min - 11h10min)**

**Estudantes presentes: não contabilizado**

Na aula do dia 11 de Julho, cheguei no Rio Branco faltando cinco minutos para as 7:30, o professor R avisou que iria se atrasar alguns minutos, mas acabou chegando no horário da aula. Quando chegou ele me avisou que os horários das turmas haviam sido trocados novamente, as turmas 101 e 103 iriam ter as aulas de física a partir do terceiro período, dessa forma assisti a aula de física da turma 102 nos primeiros dois períodos.

Entramos na turma 101 15 minutos após o sinal tocar, o professor iniciou a aula conversando com eles, falando sobre a mudança conceitual proposta por Newton, de que os movimentos celestes deveriam ser os mesmos na Terra. A discussão foi muito breve, já na sequência ele escreveu no quadro o título "as leis do movimento, as leis de Newton" e perguntou à turma qual era a primeira lei, um estudante respondeu "aquela que um corpo em movimento tem que sofrer uma força para o outro lado", o professor, negou a afirmação não menosprezando a interação do estudante. Na sequência escreveu no quadro o enunciado da lei da inércia. Prosseguiu falando que existem dois estados fundamentais dos corpos, perguntou quais eram, o mesmo estudante respondeu "parado e em movimento". Trouxe, mais uma vez, o exemplo do ônibus, com o objetivo de criar a imagem de inércia quando ônibus freia nosso corpo tende a continuar o movimento, por isso precisamos nos segurar com força. Nessa hora o professor viu que um estudante estava desenhando no meio da aula, ele não repreendeu o aluno, mas ficou curioso com o desenho. Logo, outro estudante perguntou quantos períodos de Física a turma ia ter no dia, o professor disse "dois seguidos comigo, para a alegria de vocês" o estudante respondeu "pior que eu gosto da tua matéria sor, só não entendo", o comentário foi apreciado pelo professor.

Continuando a exposição, o professor começou a elaborar a segunda lei de Newton, escreveu no quadro "principio fundamental" e abaixo  $F_r = ma$ , o próximo passo dele foi estabelecer as unidades de medida de cada grandeza da equação. Após relembrar rapidamente as equações de velocidade média e aceleração média, e suas respectivas unidades, o professor explicitou que o produto das unidades de medida da massa e aceleração resultam na unidade de

medida de força, o Newton. Definiu a força como uma grandeza vetorial e disse que a aceleração era proporcional à força. Boa parte da turma estava copiando e pareciam estar prestando atenção, mas alguns estavam mexendo nos celulares. Após essa explanação um estudante pediu para ir ao banheiro, reproduzo o diálogo a seguir:

Estudante: *Posso ir ao banheiro?*  
 Professor: *Teu colega ainda não voltou então não*  
 Estudante: *Ele nem vai voltar sor*  
 Professor: *Então não pode ir [...] pode ir sim.*  
 Estudante: *Valeu sor, prometo que volto.*

Depois o professor fez a chamada. Enquanto eu escrevia o trecho da conversa entre os dois o estudante retornou para a aula, o primeiro que saiu não retornou. Após fazer a chamada ele escreveu no quadro o enunciado da terceira lei de Newton, nesses minutos pude perceber um estudante jogando *Clash Royale* no meio da aula e após escrever o enunciado ele o explicou. Enquanto explicava ação e reação trouxe o exemplo de uma pessoa nadando e empurrando a água para o sentido oposto, nessa hora um estudante comentou "é igual aquele lá do espaço né", referindo-se ao exemplo do astronauta que se perdeu de sua nave no espaço, de algumas aulas atrás, o professor concordou com o comentário do aluno. Esse mesmo estudante ainda completou "é por isso que não dá para nadar no espaço né, porque não tem nada". Continuando, o professor trouxe o exemplo da queda de uma garrafa, perguntou se ele soltasse o que aconteceria, um estudante respondeu que ia cair por causa da gravidade, ele aprimorou a resposta do estudante dizendo que havia uma força gravitacional que atrai a garrafa para o chão. Então ele desenhou uma garrafa no quadro sob uma superfície, desenhou os vetores de força normal e peso. Antes de conectar com a segunda lei de Newton ele explicou brevemente o que era a força normal. Todo o objeto cai com a força peso, disse o professor e estabeleceu a equivalência entre o formato da segunda lei com o formato da força peso, fez uma pergunta retórica sobre qual seria essa aceleração gravitacional  $g$ . Após dizer que  $g$  é aproximadamente  $10 \frac{m}{s^2}$  ele falou sobre as velocidades terminais atingidas em quedas de 1, 2 e 3 segundos e exemplificou que um vaso que cai da janela de um edifício pode fazer um estrago enorme dependendo do tempo de queda. Nessa hora pensei que tinha entendido errado, pois pareceu um equívoco conceitual, relacionando a intensidade da força a velocidade instantânea, como se a força peso após determinado intervalo de tempo de queda aumentasse. O primeiro período acabou com essa discussão.

Na volta do intervalo, o professor entrou na sala e desenhou um carro no quadro, com cinco forças sendo aplicadas sobre ele, peso, atrito e resistência do ar, normal e força motriz, o objetivo era avaliar as forças que atuavam no carro. Nessa hora uma professora, creio que seja a monitora da escola, trouxe alguns estudantes que não entraram na aula após o intervalo, o professor

disse que eles só entrariam com autorização da supervisora, após essa situação, de imediato começou a fazer a análise das componentes vertical e horizontal das forças, aplicou a segunda lei para cada componente, concluindo que na vertical a aceleração resultante do carro era zero, e na horizontal era diferente de zero. O professor trouxe então, o exemplo da pesagem em uma balança, dizendo que a balança mede a massa do corpo e o corpo faz uma força que é proporcional a massa do corpo vezes a aceleração gravitacional, "eu preciso de força para ficar de pé, preciso de força para sustentar o meu peso" disse o professor. Na sequência ele solicitou que a turma encontrasse o valor da massa para o carro do exemplo e calculou no quadro a aceleração resultante na horizontal do carro, após encontrar a massa. Para finalizar a aula o professor falou um pouco sobre a aerodinâmica dos carros antigos em comparação com os atuais, dizendo que essa modificação tinha como objetivo uma otimização do gasto de combustível.

### **11ª observação – 11 de Julho de 2023 – 1º ano do ensino médio – turma 103**

**5º e 6º período (11h10min - 12:40)**

**Estudantes presentes: não contabilizado**

Entramos na turma 103 pouco depois do sinal das 11:10, parecia que a turma estava retornando do período de educação física, pois estavam na rua, desse modo vários estudantes ainda não haviam retornado para a sala quando a aula começou. Assim como na outra turma, o professor escreveu no quadro "as leis de Newton", perguntou para a turma o que dizia a primeira lei e ninguém respondeu. Enquanto escrevia no quadro o enunciado dela dois estudantes entraram na sala, entraram falando bastante, interagindo com o professor, criticando Newton "quem ele pensa que é pra dizer algo?", a partir disso o professor falou sobre a atitude de Newton frente ao pensamento de Aristóteles, propondo uma mudança conceitual, enquanto ele aprofundava o significado da lei da inércia um estudante disse que "o corpo para quando a força para de empurrar ele" então o professor o corrigiu dizendo que Newton propôs o oposto disso, que a força serviria para alterar o movimento e não produzir o movimento. Quando de repente, um professor abriu a porta perguntando se o seu livro tinha ficado na sala. Retornando para aula, o professor questionou uma estudante "a lei da inércia é válida?" Ela respondeu "é válida porque tem provas", o professor imediatamente concordou com a resposta dela. Essa mesma estudante trouxe a questão das nuvens da última aula, como um argumento que deveria refutar a gravidade, pois ela não atrai as nuvens para a superfície da Terra. Portanto, o professor dedicou alguns minutos para trazer explicações para esse fenômeno, o que não consegui entender direito, lembro que ao final da explicação ele disse que o ar quente sobe e o ar frio desce. Passado isso ele partiu para a segunda lei.

Começou escrevendo a equação da força resultante como o produto da massa com a aceleração no quadro e escreveu as respectivas unidades de medida das grandezas, enquanto ele escrevia no quadro reparou que um estudante estava desenhando Newton observando uma maçã caindo, parou a aula para me mostrar o desenho do estudante. Retomando a aula, o professor escreveu as definições de velocidade média e aceleração média, nesse momento uma estudante exclamou "isso aí que eu não consigo entender", percebi que alguns estudantes estavam realmente prestando atenção. Na sequência ele definiu a unidade de medida de força utilizando as unidades de massa e aceleração no SI. Nessa turma ele fez uma demonstração da queda livre de uma caneta e um apagador, na tentativa de trazer a ideia de que corpos com massas diferentes caem ao mesmo tempo, embora ele não tenha explicitado a diferença entre as massas, essa demonstração aumentou o engajamento de alguns estudantes, um deles ficou incrédulo quando o professor disse que na ausência do vácuo uma pena e uma bola de boliche caem ao mesmo tempo. Penso que foi uma grande oportunidade perdida para falar sobre a questão das massas dos corpos na queda livre. Seguindo o conteúdo o professor começou a falar de força peso e a força necessária que precisamos fazer para conseguir ficar em pé, disse que ela equivale ao peso, deu um exemplo de uma pessoa acamada, sem força para conseguir se manter em pé. Ainda sobre o conceito de força peso, o professor trouxe o exemplo de comparação entre a quantidade necessária de sacos de arroz de 1 kg para equilibrar uma pessoa de 60 kg de massa.

Antes de falar sobre a terceira lei de Newton o professor falou um pouco mais sobre a inércia, associando-a à capacidade de um corpo de manter o seu estado, inclinou uma mesa e exemplificou com alguns objetos a capacidade de se manter parado ou escorregar. Quando tocou o sinal para o segundo período de aula a representante da turma no grêmio estudantil entrou e trouxe a informação de que a feira de ciências foi cancelada e a nova data seria dia 9 de agosto. Em determinado momento uma estudante falou sobre a gravidade, ela disse que não há gravidade no espaço, essa mesma estudante perguntou para o professor quando este tentava explicar que há sim gravidade no espaço ela disse "então porque a lua não cai na Terra?". A partir dessa pergunta, o professor explicou o movimento da lua em relação à Terra, trazendo a ideia de órbita, disse que a lua está constantemente caindo na terra por causa da força gravitacional.

Ao final da aula o professor trouxe o exemplo do diagrama de forças no carro, com os mesmos valores da outra turma, sugeriu que para facilitar a avaliação da situação era melhor separar as forças na vertical e horizontal e identificá-las separadamente. Após realizar as operações com as forças na vertical, concluiu-se que a aceleração resultante era nula nessa direção, então realizou as contas com as forças na horizontal, concluindo que a força resultante não era nula e conseqüentemente a aceleração também não e com essas informações foi possível encontrar a massa

do carro. Encerrou a aula dizendo que o objetivo de Newton era avaliar as forças de um sistema conhecendo elas seria possível determinar como esse sistema deveria se mover. Antes de liberar a turma ele fez os desenhos dos carros, antigo e novo, explicando que essa mudança no formato tinha como objetivo reduzir a resistência do ar, reduzindo assim o consumo de combustível, pois com menos resistência ao movimento, menos força o carro precisaria fazer para manter uma mesma aceleração.

Essa turma tem alguns estudantes que interagem bastante, trazendo concepções alternativas que podem servir de ponto de partida para discussões sobre a Gravitação Universal. Creio que com o material adequado é possível confrontar muitas concepções prévias dos estudantes, rendendo boas discussões com o *Peer Instruction*.

#### 4 PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA

Nesta seção do trabalho apresento o cronograma escolhido por mim para estruturar a sequência didática utilizando a história da ciência como fio condutor de todo o processo de regência. Também coloco aqui a estrutura procedimental, os recursos e avaliações das quatro aulas que foram ministradas.

##### 4.1 Cronograma de Regência

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhados	Objetivos docentes	Estratégias de ensino
1	01/08/2023	Apresentação da unidade didática Modelo geocêntrico aristotélico e ptolomaico; Modelo heliocêntrico	Apresentar a turma os conteúdos que serão trabalhados na unidade didática, as metodologias escolhidas e atividades planejadas; Apresentar a turma as duas principais alternativas de modelos cosmológicos; Discutir a evolução conceitual dos modelos cosmológicos de sistema solar explorando suas inconsistências, apresentando os problemas do modelo aristotélico do mundo, a proposição ptolomaica e a proposição copernicana.	Exposição dialogada;
2	08/08/2023	Discussão sobre o argumento da torre experimento de queda livre	trazer o argumento da torre discutindo com a turma a ideia da Terra estar parada ou em movimento; Trazer a questão do porque não sentimos o “vento”, visto que a Terra se move; Discutir o processo de modelagem matemática com o modelo de queda livre e	Exposição dialogada; Experimento Peer Instruction;

			chegar empiricamente no valor da aceleração gravitacional;	
3	15/08/2023	Força gravitacional Ação a distância	<p>Desmistificar a noção de que Newton descobriu a gravidade após a queda da maçã;</p> <p>Construir a expressão para a força gravitacional como uma justificativa para a Terra girar em torno do Sol;</p> <p>Explicar a relação entre a força gravitacional e o produto das massas através da lei da ação e reação;</p> <p>Explorar o conceito de ação à distância para a gravidade, conectando com a aceleração gravitacional encontrada na aula 2;</p>	<p>Exposição dialogada</p> <p><i>Just-in-Time Teaching</i></p> <p>Peer Instruction</p>
4	22/08/2023	Questionário conceitual Fechamento da unidade	<p>Aplicar o questionário conceitual final sobre os conceitos trabalhados na unidade didática</p> <p>Recapitular os conceitos principais salientando o processo de mudança conceitual e evolução do conhecimento científico, através de disputas, interesses e colaboração entre os pesquisadores.</p>	<p>Avaliação final</p> <p>exposição dialogada.</p>

Quadro 1: cronograma das quatro aulas da sequência didática.

## 4.1 Aula 1

**Data:** 01/08/2023

### 4.1.1 Plano de Aula

#### Tópicos:

- Apresentação da unidade didática;
- Modelos aristotélico, ptolomaico e heliocêntrico.

#### Objetivos docentes:

- Apresentar a turma os conteúdos que serão trabalhados na unidade didática, as metodologias escolhidas e atividades planejadas;
- Discutir a evolução conceitual dos modelos cosmológicos de sistema solar explorando suas inconsistências;



**Procedimentos: apresentação da unidade didática**

Atividade Inicial: Primeiramente vou me apresentar e pedir aos estudantes que também se apresentem. Então vou fazer uma breve exposição oral sobre a sequência didática que pretendo propor a eles, de acordo com as respostas ao questionário sobre atitudes em relação a disciplina de Física.

Desenvolvimento: Apresentação de algumas respostas dos estudantes ao questionário sobre atitudes em relação à física e meu planejamento para atender as expectativas da turma; estabelecimento do contrato didático com a turma. Na sequência vou fazer um panorama geral do que será trabalhado nas próximas aulas da unidade didática.

Fechamento: Vou falar brevemente sobre a UFRGS, os cursos que ela oferece e algumas sugestões de cursos pré vestibulares gratuitos como Projeto Educacional Alternativa Cidadã (PEAC), Cursinho Popular Carolina de Jesus e Centro de Estudantes Universitários de Engenharia (CEUE).

**Procedimentos: modelos cosmológicos**

Atividade inicial: Vou iniciar propondo a questão "como sabemos que é a Terra que gira ao redor do Sol?" e disponibilizar em torno de 10 minutos para que a turma responda individualmente. Após esse momento vou discutir com a turma de acordo com as respostas que eles fornecerem.

Desenvolvimento: Após mobilizá-los com a questão inicial vou propor a construção do modelo geocêntrico aristotélico recorrendo à experiência sensível e intuitiva com a intenção de desestabilizá-los. Após essa problematização vou apresentar alguns problemas que surgem com o modelo geocêntrico de Aristóteles, como o movimento retrógrado de Marte. Então vou apresentar a proposição de Ptolomeu para resolver esse problema.

Fechamento: Para encerrar a primeira aula vou apresentar o modelo proposto por Copérnico, trazendo as motivações neoplatônicas, metafísicas e religiosas dele para propor um sistema em que a Terra não está mais no centro.

**Recursos:** Computador, projetor e quadro

**Avaliação:** propor uma tarefa para ser feita em casa em que os estudantes deverão buscar argumentos do porquê o modelo heliocêntrico se sobressai em detrimento do modelo geocêntrico.

**Observações:** Não há observações para essa aula.

#### 4.1.2 Relato de Regência - Turma 101

Na aula do dia 2 de Agosto cheguei na escola às 7:15h, embora o começo de minhas aulas estivesse marcado para às 9:10. Cheguei com antecedência seguindo as recomendações, para o caso de algum professor faltar e as turmas da regência terem algum adiantamento de período. Já às 9:10h estava em frente a sala da turma 103 a espera do término do segundo período. Quando tocou o sinal eu entrei na sala deles, mas tive que esperar o professor R terminar sua aula na turma 102, pois precisava do seu projetor para dar início a aula. Demorei uns 10 minutos para organizar o projetor e o computador, perto das 9:20 comecei a exposição inicial, apresentei-me à turma e falei um pouco sobre mim e alguns interesses pessoais, para que os estudantes tivessem a oportunidade de me conhecer melhor.

Ainda sobre a minha apresentação, quando mencionei que gostava de jogar *League of Legends* e *Counter Strike: Global Offensive* alguns estudantes reagiram positivamente. Após apresentar-me, passei para as respostas dos estudantes ao questionário inicial, aplicado algumas semanas anteriores ao recesso escolar. Enquanto eu ia expondo as respostas, fui percebendo expressões faciais dos estudantes se identificando com elas, porém eles interagiram pouco comigo. No momento da apresentação inicial das respostas e da unidade didática a grande maioria da turma estava prestando atenção na exposição de *slides*, creio que muito por causa da presença do professor regente na sala, ele acompanhou toda a minha aula. O momento de maior interação da turma foi quando trouxe exemplos sobre a utilidade de aprender física na escola, eles gostaram do vídeo sobre a diferença entre dirigir a 60 km/h e 65 km/h, também gostaram da explicação sobre o funcionamento dos olhos e como ocorre o aumento de temperatura nas paredes de suas casas e porque é melhor comprar paredes com algum isolante térmico nas alças.

Após expor as respostas e comentá-las, com a intenção de incentivar os estudantes, apresentei a eles as ideias que planejava incorporar nas aulas, visando atender às suas necessidades. Expliquei que durante nossas aulas, teríamos a oportunidade de assistir vídeos, realizar um experimento de queda livre e nos concentrar mais nos conceitos fundamentais, diminuindo a ênfase nos cálculos e nas equações da física. A turma demonstrou interesse e receptividade em relação a essa proposta.

Entretanto, ao mencionar que adotaria o método da Instrução pelos Colegas (IpC) e o ensino sob medida (EsM), percebi que alguns estudantes manifestaram insatisfação. Especificamente, durante a explicação do funcionamento do método Instrução pelos Colegas, observei que alguns estudantes balançaram a cabeça em sinal de discordância quando mencionei que eles seriam encorajados a persuadir os colegas por meio de argumentos.

No entanto, destaquei a importância da execução das tarefas do EsM e da participação nas discussões promovidas pelo IpC, salientando que essas atividades iriam compor a avaliação final. Além disso, no que se refere à avaliação, mencionei que o professor responsável concordou em ceder cinco pontos da nota final do trimestre para as minhas avaliações. Nesse contexto, expliquei que dos cinco pontos disponíveis, três poderiam ser assegurados por meio da participação nas aulas, um pela realização das tarefas prévias e o último ponto seria o questionário conceitual na última aula.

Após essa parte, uma estudante indagou sobre a possibilidade de entregar uma tarefa que estava atrasada, datada antes do período de recesso. Ela explicou que não havia cumprido a tarefa devido à expectativa de obter auxílio após o retorno às aulas. Nesse momento, ofereci a minha ajuda, afirmando que estaria disponível para auxiliá-la caso ela optasse por entregar a tarefa atrasada e assim terminou o primeiro período.

Como a turma 101 tem os períodos separados pelo recreio, eu acabei perdendo uns 10 minutos do segundo período esperando todos os estudantes voltarem. Partindo para o conteúdo, iniciei perguntando aos estudantes como sabemos que é a Terra que gira ao redor do Sol, pedindo que eles buscassem argumentos que justificassem isso, disponibilizei uns 10 minutos para eles formularem as respostas, algumas delas foram

*“Não tenho ideia, acho que porque fica dia e noite”.*

*“Eu acho que a Terra gira em torno do Sol por conta dos fusos horários”.*

*“Pelos satélites e por causa da mudança de ano”.*

Comecei a exposição apresentando uma possibilidade alternativa, em que o Sol gira ao redor da Terra e propus a construção desse modelo de sistema solar partindo da crença absoluta na experiência sensível, mostrei um vídeo do movimento da Lua e o nascer do Sol em Brasília questionando sobre o que eles viam no vídeo, alguns disseram que viam o Sol nascendo, então refinei a resposta que o que eles estavam vendo era o Sol se movendo no céu. Assim, questioneei a classe sobre a crença de que somente a experiência sensível serve como a única fonte do conhecimento. Logo após, discutimos o fato recém-abordado de que é o Sol que se desloca no céu. A partir dessas considerações, parecia ser uma conclusão plausível supor que a Terra permanecia imóvel, enquanto o Sol orbitava ao seu redor. Nesse ponto da aula, os estudantes demonstraram estar acompanhando o raciocínio com interesse. Em seguida, fiz a transição para Aristóteles e seu pensamento influente na antiguidade grega. Sugeri que ele foi um dos principais defensores do geocentrismo, destacando que, embora essa concepção não seja inferior à concepção atual, naquela época era a explicação mais coerente. Nesse momento comecei a perceber uma gradual perda de

interesse por parte dos estudantes, mas continuei desenvolvendo o modelo geocêntrico, com base na divisão entre os mundos sublunar e supralunar, e na ideia de duas físicas distintas para esses domínios. Para os gregos daquela época, o mundo supralunar era considerado perfeito e imutável. Este mundo existia além da Lua, abrigando os outros planetas e o Sol. Devido à sua natureza perfeita, esses corpos celestes eram pensados para se mover em trajetórias circulares, visto que o círculo era considerado a forma geométrica perfeita. Também expliquei o conceito da queda dos chamados "graves" em direção à superfície terrestre, relacionando-os à busca pelo centro do Universo. Desse modo, argumentei que a Terra deveria ocupar o centro do sistema, visto que os graves sempre caíam em direção a sua superfície. No entanto, percebi que o interesse dos estudantes estava diminuindo gradualmente.

Na sequência apresentei os problemas que surgiram ao se adotar um modelo geocentrista de mundo. Em determinadas épocas do ano alguns planetas como Marte e Vênus pareciam voltar no céu noturno descrevendo um laço, semelhante a figura



Figura 2: ilustração do movimento retrógrado de alguns planetas<sup>5</sup>.

Então, questionei a turma sobre como poderíamos abordar essa questão. Foi nesse momento que introduzi a solução ptolomaica, apresentando o modelo dos epiciclos. Salientei a necessidade de manter intacta a concepção grega de perfeição. Enquanto discorria sobre o assunto, projetei algumas imagens para ilustrar a complexidade desse modelo. Outra característica importante do modelo era o ponto equante, o Sol giraria ao redor desse ponto, que não coincide com o centro da Terra.

Continuei a exposição relatando que o modelo de Ptolomeu manteve-se dominante até o século XVI, quando um clérigo da Igreja Católica, Nicolau Copérnico, introduziu o modelo heliocêntrico, inspirado em concepções neoplatônicas e metafísicas. Ressaltei explicitamente que Copérnico não foi o pioneiro nesse tipo de proposição, uma vez que o próprio Platão já havia delineado um modelo com o Sol no centro do Universo. Além disso, aponte para outras razões que

<sup>5</sup> A simulação pode ser acessada no link

[https://phet.colorado.edu/sims/html/my-solar-system/latest/my-solar-system\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/my-solar-system/latest/my-solar-system_all.html?locale=pt_BR)

impulsionaram Copérnico a formular sua teoria, como sua aversão pelo ponto equante e a observação do movimento não uniforme dos planetas.

No entanto, destaquei que a motivação central residia na crença de que o Sol ocupava o posto mais significativo no sistema celeste. Isso se devia à sua posição como fonte primordial de luz e vida.

Prosseguindo com a aula, abordei as novas previsões empíricas propostas pelo modelo heliocêntrico. Destaquei exemplos como as fases de Vênus e as variações sazonais no tamanho aparente de Vênus e Marte. Entretanto, junto com essas previsões emergiram desafios, uma vez que tais previsões não encontraram respaldo nas evidências observacionais. Outro problema que a teoria não dava conta de explicar era a questão da queda dos corpos, pois se o Sol fosse o centro do Universo os corpos deveriam cair em direção a ele, mas ainda caíam em direção a Terra. E também o problema de caráter mais político que existia, a interferência da igreja católica no discurso científico. O último problema que eu trouxe foi o argumento da torre.

Já encaminhando para o final da aula, falei sobre o Giordano Bruno e as consequências por defender e propagar a teoria heliocêntrica e introduzi Galileu como o responsável por fornecer uma teoria física e matemática com o objetivo de dar suporte a teoria de Copérnico. Terminei a aula fazendo uma recapitulação do que foi visto, as dicotomias entre geocentrismo e heliocentrismo, metafísica e empiria, pensamento aristotélico e platônico.

Conforme fui desenvolvendo a exposição, percebi que a grande maioria da turma perdeu o interesse e começou a se debruçar sobre as mesas. Enquanto eu falava, comecei a ficar angustiado e chateado. Definitivamente, a abordagem histórica não foi a melhor escolha para a turma 101. Apenas alguns poucos estudantes mantiveram os olhares nos slides, mas quando eu os observava, parecia que suas mentes estavam distantes. Mesmo conseguindo concluir a exposição, não ousaria dizer que houve diálogo, embora essa fosse a minha intenção. A partir da questão inicial de provocar um desequilíbrio cognitivo neles sobre como justificamos que a Terra gira ao redor do Sol, esperava que, à medida que a exposição progredisse, houvesse interação por parte dos alunos. No entanto, a questão não despertou o interesse esperado. Saí da sala extremamente frustrado e desacreditado, temendo que algo semelhante pudesse ocorrer na próxima turma.

Acredito que se eu tivesse a oportunidade de reestruturar a aula, dedicaria mais tempo à exploração de elementos que estimulassem o envolvimento dos alunos, em vez de focar apenas em uma questão introdutória. Além disso, uma alternativa viável seria propor um debate, dividindo a turma em dois grupos distintos: um encarregado de defender o geocentrismo, enquanto o outro se dedicaria a apoiar o heliocentrismo. Penso que assim conseguiria um engajamento maior.

A última reflexão que tive sobre essa aula é que eu deveria ter mapeado alguns conhecimentos prévios da turma, como, por exemplo, verificar se eles sabiam o que era geocentrismo e heliocentrismo.

#### **4.1.3 Relato de Regência - Turma 103**

A turma 103 possui os dois últimos períodos do dia, iniciando às 11:10h e encerrando às 12:40h. Cheguei à sala cerca de 5 minutos após o início do período, devido à necessidade de arrumar os equipamentos na turma 101. Ao adentrar na sala da turma 103, minha primeira ação foi realizar a chamada. Meu objetivo era associar os nomes aos rostos dos alunos. Concluída a chamada, organizei os equipamentos para dar início à primeira parte da aula: projetar as respostas dos estudantes ao questionário inicial.

Antes de prosseguir, apresentei-me brevemente mais uma vez. Na ocasião, notei a reação dos estudantes ao mencionar minha afinidade por jogos como League of Legends e Counter Strike: Global Offensive. Também chamou a atenção deles quando compartilhei que minhas disciplinas favoritas na escola eram História e Sociologia. Um dos estudantes indagou por que escolhi cursar Física, ao que respondi que minha afinidade pelas exatas e a dificuldade em compreender os conteúdos das aulas me motivaram a estudar essa disciplina.

Enquanto discorria sobre as respostas ao questionário, houve interações tímidas por parte dos estudantes. Contudo, a pergunta que despertou mais reações na turma foi aquela relacionada ao que eles achavam mais e menos interessante na Física. Uma das respostas afirmava: "Nada, e o menos interessante é tudo". Nesse momento, o professor regente, que observava a aula, solicitou a palavra e destacou a relevância do estudo da Física, considerando-a parte do legado da humanidade.

Prossigui apresentando as demais questões do questionário. Outra pergunta que gerou reações na turma foi aquela que indagava sobre qual tema eles gostariam que fosse abordado nas aulas de Física. Uma estudante expressou o desejo de compreender o funcionamento dos olhos. Vários alunos reconheceram essa resposta e identificaram a colega em questão. Enfatizei que, embora esse tema não estivesse incluído na unidade didática, eu abordaria brevemente o tópico como um exemplo da aplicação prática da Física no cotidiano.

Quando cheguei aos exemplos que destacavam a utilidade da física na tomada de decisões, além da dúvida mencionada anteriormente, o exemplo das painelas com e sem isolamento térmico gerou bastante interação na turma. Diversos estudantes optaram pela painela sem isolamento térmico nas alças, justificando sua escolha pela estética. Por outro lado, outros alunos observaram

que, apesar de ser mais bonita, essa panela era menos prática para cozinhar – exatamente o ponto que eu desejava enfatizar com esse exemplo.

Continuando com essa primeira parte da aula, projetei mais algumas respostas e, finalmente, abordei minhas intenções de inovação para atender às suas expectativas. Iniciei fornecendo uma visão geral da unidade, destacando que o foco seria mais nos conceitos do que nos cálculos. Mencionei a utilização de vídeos, a realização de um experimento realista sobre queda livre, a interação através do método IpC e a execução de uma tarefa prévia baseada no método EsM. Similar à experiência na turma 101, ao explicar o funcionamento do método IpC, alguns alunos demonstraram resistência, pois não se sentiam confiantes em formular argumentos para persuadir os colegas. Posteriormente, expliquei o funcionamento do método EsM, e a turma não apresentou reações visíveis.

Para concluir essa etapa, expliquei o sistema de avaliação, destacando que a participação ativa nas aulas contribuiria com três dos cinco pontos destinados à minha unidade didática, conforme estabelecido pelo professor regente. Além disso, a tarefa prévia do método EsM teria um valor de um ponto, enquanto o questionário final de avaliação conceitual representaria mais um ponto.

Na segunda parte da aula, introduzi o conteúdo apresentando uma pergunta inicial: “Como sabemos que é a Terra que gira ao redor do Sol?”. Solicitei que eles elaborassem argumentos para justificar essa afirmação. Alguns alunos interagiram verbalmente, enquanto outros refletiram silenciosamente. Após aproximadamente 5 minutos, reforcei a instrução para que registrassem suas respostas por escrito. Algumas pessoas expressaram não saber como responder. Nesse momento, dirigi-me a todos, ressaltando a importância da sinceridade nas respostas e encorajando-os a expressar suas opiniões, mesmo que não se sentissem certos em suas conclusões. Conforme eles foram respondendo, fui lendo as respostas e algumas delas foram

“Porque quando olhamos para o céu vemos as nuvens se mexendo e quando giramos e depois ficamos parados sentimos a Terra girando”.

“Porque estudaram isso, se for para o espaço e ver a Terra de fora vão ver que ela gira ao redor do Sol”.

“Sei que gira ao redor do Sol pois fica noite”

“A translação é o movimento que a Terra gira em torno do Sol e assim percorrendo uma órbita elíptica e que faz o movimento”.

Após essa interação com a questão inicial, falei que o nosso objetivo com a aula era construir duas possibilidades de modelos, um em que o Sol está no centro e o outro que a Terra está no centro. Comecei pelo modelo geocêntrico como a primeira possibilidade, dizendo que Aristóteles havia pensado nisso há 2300 anos atrás. Na sequência mostrei um vídeo do Sol

nascendo em Brasília e um *timelapse* do Sol para fortalecer a ideia da experiência sensível como a fonte do conhecimento, e então perguntei a turma se após assistir o vídeo e ver o *timelapse*, com a ideia de que só podemos confiar naquilo que vemos, era razoável concluir que a Terra estava parada no centro do Universo e o Sol que se movia ao redor dela.

Nesse momento, direcionei o olhar para a turma e percebi que alguns estudantes concordavam com essa colocação. Foi nesse contexto que apresentei a concepção aristotélica sobre a queda dos corpos mais detalhadamente. Salientei que, segundo essa perspectiva, os corpos caíam porque buscavam o centro do Universo, e dado que eles caíam em direção à superfície terrestre, esta deveria ocupar o centro. Além disso, expliquei como esse pensamento implicava a existência de duas físicas distintas, dividindo o mundo em dois: o sublunar e o supralunar

Na sequência apresentei os problemas que esse modelo não conseguia responder, como os movimentos retrógrados de Vênus e Marte (figura 2), para então introduzir a solução de Ptolomeu. Fiz questão de lembrar que as ideias de Aristóteles eram muito aceitas e que qualquer correção naquela época não poderia abandoná-las, por isso Ptolomeu propôs modelo geocêntrico com epiciclos, porque não ia contra as ideias de Aristóteles, os planetas e o Sol continuavam a se mover ao redor da Terra em órbitas circulares, porém eles realizavam um outro movimento, também circular, chamado de epiciclo. Dessa forma o problema do movimento retrógrado foi resolvido.

Antes de iniciar a construção do modelo heliocêntrico, disse a turma que um dos grandes motivos do modelo aristotélico-ptolomaico ter permanecido como verdadeiro por tanto tempo se devia a Igreja Católica.

Comecei a construção do modelo heliocêntrico falando que foi alguém da própria igreja que propôs essa teoria, Nicolau Copérnico, um clérigo polonês, que resolveu desafiar a igreja católica. Depois destaquei que ele não havia sido o primeiro a propor um modelo cujo Sol fosse o centro. Platão já tinha proposto algo semelhante antes de Aristóteles, porém não obteve o mesmo sucesso. Continuei falando à turma que Copérnico propôs esse modelo, pois carregava consigo inspirações neoplatônicas e metafísicas. Assim como Platão, ele acreditava que o Sol era o astro mais importante porque era a fonte de luz e da vida, logo, ele não poderia estar em outro lugar que não fosse o centro do Universo. Nesse momento, uma estudante perguntou porque o Sol era uma estrela, então expliquei brevemente que o Sol realizava um processo chamado fusão nuclear, que apenas estrelas eram capazes disso. A pergunta suscitou outra sobre buracos negros, a estudante queria saber o que era um buraco negro, como eu não queria fugir muito do assunto, mas também não queria negligenciar a pergunta dela, respondi o mais rápido possível, que um buraco negro era uma estrela supermassiva que morreu, ela perguntou se o Sol iria virar um buraco negro, respondi que não pois ele não tinha massa o suficiente para isso.



Além de inspirações neoplatônicas, Copérnico repudiava o ponto equante de Ptolomeu e o fato do movimento dos planetas e do Sol não ser uniforme no modelo geocêntrico dele. Na sequência falei das previsões sobre as modificações no tamanho aparente de Marte e Vênus quando vistos da Terra, as fases de Vênus e a paralaxe das estrelas. Nessa hora eu olhei para o relógio e percebi que faltavam apenas 15 minutos para o término da aula e ainda faltava falar sobre os problemas que o heliocentrismo não explicava, como a queda dos graves, o argumento da torre, a falta de evidências empíricas e a igreja católica condenando os defensores da teoria como hereges.

A aula fluiu muito bem com a turma 103; eles interagiram bastante na primeira parte, que tratou da apresentação da unidade didática, mais do que eu esperava. Nessa turma, acabei perdendo muito tempo nisso, porque fiquei feliz com a interação deles e não queria cortar o ritmo. No entanto, acabei ficando sem tempo suficiente para terminar o conteúdo que eu havia preparado, pois eles também interagiram nessa parte, embora com menos intensidade.

Enquanto eu falava, percebia que vários estudantes estavam acompanhando, tanto que uma estudante sentiu-se à vontade para perguntar se o Sol era ou não uma estrela e, além disso, tirar a dúvida sobre o que era um buraco negro. Outro estudante também interagiu bastante, mas este era mais tímido e falava baixo. Em algumas situações, não consegui entender o que ele estava dizendo e, quando pedia para que ele repetisse, ele desconversava. Todavia, não quis insistir muito para não deixá-lo desconfortável. Esse estudante chamou-me a atenção, pois em todas as aulas observadas, nunca tinha escutado a voz dele nem o tinha visto interagir com os colegas. No entanto, nessa aula, ele fez tudo isso.

De modo geral, fiquei satisfeito com a aula. Nas próximas aulas, pretendo controlar melhor o tempo sem frear a interação dos estudantes, mas também sem deixar de fazer tudo aquilo que planejei para a aula.

## **4.2 Aula 2**

**Data:** 08/08/2023

### **4.2.1 Plano de Aula**

#### **Tópicos:**

- Explorar as ideias por trás do argumento da torre e discutir a conceito da Terra parada ou em movimento a partir deste argumento;
- Realizar o experimento de queda livre em conexão com o argumento da torre, discutindo sobre o modelo matemático para obtenção do valor empírico da aceleração gravitacional  $g$ .

#### **Objetivos docentes:**

- Discutir com a turma a respeito dos argumentos que justificam uma Terra em movimento contrastando o argumento da torre;
- Demonstrar que o movimento de queda livre se trata de um MRUV na direção vertical;
- Discutir o processo de modelagem matemática com o modelo de queda livre;

### **Procedimentos: Aspectos históricos e contribuições de Galileu.**

Atividade inicial: Para começar a aula vou retomar os principais conceitos estudados na aula passada e retomar as questões em aberto: como explicamos a queda dos graves na teoria heliocêntrica? Como superamos a distinção entre mundo sublunar e supralunar?

Desenvolvimento: A partir dessas perguntas pretendo trazer as contribuições empíricas de Galileu, como as manchas solares, fases de Vênus e crateras lunares e teóricas a favor do heliocentrismo, suas motivações neoplatônicas e metafísicas.

Fechamento: Para encerrar a parte histórica da aula vou encaminhar a discussão para o estudo dos movimentos de queda natural, enfatizando o interesse de Galileu em criar uma nova em romper com o estudo do movimento pelas suas causas, criando uma nova Física.

### **Procedimentos: Argumento da torre.**

Atividade Inicial: Vou iniciar essa parte da aula propondo uma questão aberta com o Peer Instruction: "Se a Terra está parada, após soltar um objeto de cima de uma Torre onde ele cai? E se a Terra estiver se movendo, onde ele cai?"

Desenvolvimento: De acordo com as respostas da turma a questão inicial vou discutir as concepções alternativas que aparecerem.

Fechamento: Explicar para a turma o porquê da resposta certa ser a opção que diz que o objeto cai ao pé da torre e não atrás ou à frente dela.

### **Procedimentos: Experimento para determinar a aceleração da gravidade**

Atividade Inicial: Vou começar a atividade mostrando para a turma uma imagem de um desenho feito por Galileu sobre o comportamento de um objeto em queda livre e depois um vídeo de uma bola de boliche e uma pena caindo em uma câmara de vácuo, ilustrando na prática a imagem.

Desenvolvimento: Após essa discussão inicial vou entregar a eles um roteiro de atividade onde eles podem registrar as medidas que faremos da altura e do tempo de queda. Na

sequência vou realizar o experimento de queda livre em sala de aula com o objetivo de determinar o valor da aceleração gravitacional, discutindo o processo de medição, modelagem e resultado final, enfatizando que o valor encontrado é empírico. Ainda sobre o valor encontrado quero questioná-los sobre o porquê de ser aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , será que poderia ser outro valor? A resposta a essa pergunta será dada na próxima aula.

Fechamento: após terminar o experimento, vou solicitar que os estudantes respondam algumas questões sobre as variáveis de entrada, variáveis de saída, modelo matemático e idealizações do experimento.

**Recursos:** computador; projetor; plickers; flashcards; quadro branco; martelo, suporte e uma bola de aço.

**Avaliação:** engajamento dos estudantes na atividade com o peer instruction e as respostas ao questionário sobre o experimento

**Observações:** A aula deverá ser feita no laboratório de ciências.

#### 4.2.2 Relato de Regência - Turma 101

Na aula do dia 8 de Agosto, cheguei no Instituto Estadual Rio Branco às 7:25, com bastante antecedência ao horário da minha regência e ainda bem que cheguei mais cedo, pois nesse dia uma professora faltou e houve adiantamento de períodos das minhas turmas. Depois que fui avisado sobre isso, a primeira coisa que fiz foi avisar o orientador para o caso em que ele estivesse planejando observar naquele dia.

Comecei a aula no segundo período, às 8:20. Demorei uns 15 minutos para conseguir organizar o projetor e o computador, durante esse tempo os estudantes ficaram conversando entre si e mexendo nos celulares. Quando finalmente consegui arrumar tudo dei início a exposição. Inicialmente fiz uma breve recapitulação sobre o que foi visto na aula da semana passada, sobre as disputas entre os dois sistemas de mundo, o geocentrismo e o heliocentrismo, e as disputas subjacentes a isso como a metafísica e a empiria, pensamento aristotélico e neoplatônico.

Depois disso expus o cronograma para a aula, primeiramente iríamos estabelecer as questões que ainda estavam sem resposta, na sequência iríamos ver um pouco sobre as contribuições de Galileu em defesa da teoria heliocêntrica e portanto seu desejo de criar uma nova teoria para os movimentos, por fim fiz um experimento de queda livre para medir o valor da aceleração gravitacional.

Na aula anterior construímos o modelo heliocêntrico, que pressupunha que o Sol fosse o centro do Universo, a partir disso surgiam dois problemas, não existia uma explicação para a queda dos graves nessa teoria. O outro problema era que se a Terra era um planeta como os outros não fazia sentido dividir o mundo em sublunar e supralunar. Iniciei a segunda aula propondo essas perguntas. De imediato comecei a construir algumas ideias de Galileu, como um defensor da teoria copernicana. Disse que ele, assim como Copérnico e Giordano Bruno, possuía crenças neoplatônicas sobre o papel do Sol no sistema de mundo.

Eu dividi a aula em duas partes fundamentais. A primeira tratou das contribuições empíricas de Galileu para o heliocentrismo. Comecei expondo algumas imagens de desenhos feitos por ele sobre as manchas solares, as fases de Vênus e as crateras na Lua relembrando a turma de que a teoria heliocêntrica enfrentava problemas desde sua formulação pois as previsões não eram corroboradas por evidências empíricas, uma dessas previsões era sobre as fases de Vênus. Após a invenção do telescópio, que não foi criado por Galileu, este utilizou o instrumento para observar o céu e, finalmente, fornecer as tão esperadas evidências observacionais. Porém destaquei a não aceitação imediata destas evidências, pois a comunidade da época desconfiava da validade do telescópio.

Na segunda parte da aula desenvolvemos as ideias mecânicas de Galileu, de acordo com sua crença de que para superar os argumentos contra o heliocentrismo uma nova física deveria ser criada. Primeiramente disse à turma que o Galileu criou uma nova forma de estudar os movimentos terrestres de modo geral, mas que o nosso interesse era investigar a concepção galileana para a queda dos corpos na Terra. Primeiramente eu trouxe uma citação de Galileu em que ele explicita a sua intenção de romper com a análise dos movimentos por suas causas, ou seja, ele não estava interessado em descobrir porque os corpos eram atraídos para a Terra, mas sim como eles eram atraídos. Nessa hora eu disse a turma que na prática ele queria saber como estavam relacionadas a distância percorrida e o tempo de queda dos corpos.

Então eu propus a situação do argumento da torre à turma e perguntei a eles onde uma bola deveria cair quando abandonada de cima da torre, foi nesse momento que provoquei um engajamento maior, embora tenham sido apenas três estudantes. Um deles disse que para sabermos onde a bola cai dependeria do vento, se houvesse vento a bola seria empurrada e cairia longe da torre, mas sem vento cairia no pé dela. Eu apreciei bastante esse comentário e enfatizei que o pensamento do estudante estava parcialmente correto, continuei falando que Galileu imaginava uma situação em que não existia um meio, como o ar, durante a queda e refiz a pergunta, que imediatamente o estudante respondeu que sem o ar a bola cairia no pé da torre. Então eu derrubei uma caneta no meu pé, ela caiu no meu pé e então eu perguntei a ele se havia ou não meio naquele

exato momento, o estudante disse que havia. Dessa forma eu enfatizei o aspecto racional do pensamento de Galileu, destacando que ele nunca experienciou o vácuo. Na sequência disse a turma que com essa resposta do estudante a conclusão é que a Terra só poderia estar parada. Eles hesitaram por um momento, sinto que causou um desconforto cognitivo naqueles que estavam acompanhando a discussão.

Seguindo na discussão, propus uma situação semelhante a da torre. A queda de um objeto de cima do mastro de um barco em movimento, esse exemplo foi um pouco mais complexo, muito embora dos três estudantes que estavam prestando atenção e interagindo, apenas um respondeu que o objeto iria cair no pé do mastro. Fiquei com a impressão de que ele respondeu no chute sem refletir muito sobre a nova situação, mas de qualquer forma incentivei a participação dele. Na imagem que eu projetei para explicar o porquê da bola cair no pé da torre pressupondo que a Terra se move a trajetória é parabólica, uma estudante ficou incomodada com a imagem e indagou que a bola não cai daquele jeito, foi então que parti para a discussão de referencial. Para esse momento eu projetei dois *gifs* no quadro, no primeiro havia uma pessoa jogando uma bola para cima, alguém dentro do trem vê a bola subir e descer apenas, mas alguém fora do trem vê a bola descrever uma parábola, portanto disse a turma que dentro do trem, como as pessoas compartilham o mesmo movimento horizontal do trem, só é percebido o movimento relativo de subida e descida da bola, já para o observador em repouso fora do trem ele percebe uma composição de movimentos na vertical e horizontal.

Já encaminhando-me para a segunda parte da aula enfatizei a turma que nós estávamos interessados em entender como os objetos caem, isso significava que queríamos saber qual a relação entre a distância e o tempo de queda. Primeiramente eu expus um vídeo da queda de uma bola de boliche e uma pena, mostrando que ambas caem ao mesmo tempo no vácuo, meu objetivo era conectar o vídeo com o pensamento de Galileu, que ele havia feito um experimento mental de que corpos com massas diferentes deveriam cair ao mesmo tempo no vácuo, reforçando que ele nunca fez um experimento em uma condição de vácuo. Continuando a exposição eu trouxe uma imagem de um desenho feito por Galileu, exibida a seguir:

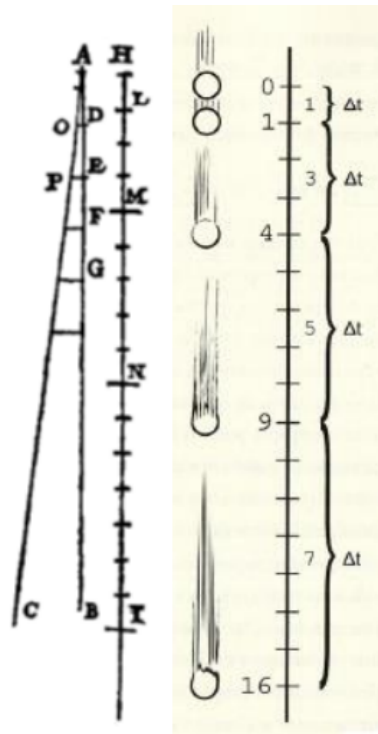


Figura 3: Representação da queda de um objeto. Fonte: GALILEI (1988, p. 171) na figura à esquerda. MARICONDA e VASCONCELOS (2006b, p. 224) na figura à direita (apud ALVES e LOPES, 2019, p. 28).

Nessa imagem, ele esboça um corpo caindo e o aumento quadrático da distância conforme o tempo passa linearmente, então construí a relação de proporção  $d \propto t^2$ , nesse momento enfatizei o significado dessa relação, associando-a com o desenho, que conforme o tempo aumenta o valor da distância aumenta de acordo com o quadrado do tempo. Então no primeiro segundo de queda o corpo caiu 1 metro, no instante posterior, mais um segundo de queda, totalizando 2 segundos, o objeto caiu 4 metros e assim por diante até tocar o chão.

Terminada essa parte de construção da relação de proporção eu tentei construir o modelo de queda livre partindo da equação horária da posição em função do tempo, porém foi extremamente difícil para os estudantes e a grande maioria perdeu o interesse quando comecei a escrever a equação no quadro. Enquanto ia escrevendo a equação fui falando algumas idealizações para que a gente pudesse realizar o experimento de queda livre e encontrar o valor empírico de  $g$ , como a velocidade inicial na vertical ser nula, a gente considerar o corpo como um ponto sem dimensões e nessa hora eu falei novamente que a diferença das massas não importava, de acordo com o vídeo que assistimos, porém fiz uma pequena demonstração derrubando uma folha de papel amassada e não amassada, demonstrando que os corpos não caíam ao mesmo tempo, para evocar a ideia de que o que importava para o tempo da queda era o formato do corpo e como ele interagia

com ar, porque não estávamos em um condição de vácuo, portanto a idealização de que o corpo em queda deveria ter dimensões desprezíveis.

A turma estava consideravelmente agitada enquanto eu escrevia o modelo de queda livre no quadro, apenas uns poucos estudantes se mantiveram prestando atenção. Quando terminei de construir a equação parti para a montagem do experimento. Peguei uma folha de papel e a dobrei no meio do eixo maior da folha, então pedi uma régua de 30 cm para algum estudante, que me forneceu rapidamente, e medi o comprimento da folha, encontrei 29,7 cm, depois pedi para o mesmo estudante medir também para ver se concordávamos no valor, ele encontrou o mesmo valor que eu. Depois posicionei o objeto em cima da folha e disse à turma que precisava de silêncio absoluto, mas que seria breve, pois o sensor do cronômetro do PhyPhox começava a contar com o barulho. Uma estudante acabou gritando para os outros estudantes ficaram em silêncio, visto que quando eu pedi ninguém atendeu. Quando finalmente ficaram em silêncio eu expliquei o funcionamento do cronômetro e disse que ele começava a contar o intervalo de tempo entre dois sons, o primeiro som seria um tapa na folha, de forma a remover subitamente a superfície que sustentava o objeto a uma altura constante, respeitando assim a idealização da velocidade inicial vertical nula, o outro som seria o objeto caindo na mesa.

Fiz o experimento e o cronômetro forneceu 0,242 segundos de tempo de queda, após todos os valores encontrados disse a turma que bastava colocar esses valores na equação para encontrarmos o valor de  $g$ , após a conta, encontramos um valor de  $10,14 \text{ m/s}^2$  para o valor de  $g$ . Imediatamente perguntei a eles o porquê do valor não ser exatamente  $10 \text{ m/s}^2$ , eles não souberam responder, então expliquei sobre as imprecisões nas medidas que foram feitas por nós, a imprecisão do cronômetro, o fato do objeto em queda ter dimensões, embora pequenas e também o fato de que não fizemos o experimento em uma condição de vácuo perfeito. A minha intenção com o experimento era que boa parte da turma estaria prestando atenção, porém como não estavam, acabei não solicitando que respondessem as perguntas que eu tinha pensado sobre idealizações no processo de modelagem, as grandezas que foram medidas e as possíveis fontes de erro.

No planejamento inicial dessa aula eu esperava utilizar menos tempo na parte expositiva e mais tempo na realização do experimento com os estudantes, porém a maneira como eu estruturei essa parte da aula, começando pela construção do modelo e depois realizando o experimento, não foi a sequência ideal. Em alguma aula futura sobre o mesmo tema eu vou realizar o experimento primeiro e depois construir o modelo matemático, utilizando a metodologia Prever, Observar, Explicar, creio que assim os estudantes vão interagir mais. Também tinha planejado aplicar o Peer Instruction no argumento da torre e do barco, porém após apresentar esse trecho da aula na disciplina de estágio fui convencido a não utilizar o método.

Eu ainda adicionei um tópico a mais na exposição, abordando algumas contribuições de Galileu para o entendimento da queda dos corpos, com a intenção de enriquecer mais a aula com informações históricas. No entanto, se eu pudesse refazer essa aula, certamente teria investido em um experimento mais interessante e atrativo, e daria menos atenção aos temas históricos relacionados a Galileu. O momento em que tive o menor engajamento da turma foi quando iniciei a construção da relação entre distância e tempo no movimento de queda livre. Assim que comecei a falar e escrever no quadro, a turma começou a ficar agitada e perdeu o interesse. Tanto isso foi evidente que, ao realizar o experimento, tive que pedir ajuda de uma estudante para acalmá-los, para que eu pudesse medir o tempo.

Sinto que essa aula teve altos e baixos muito bem definidos. Na primeira parte, quando expliquei com maiores detalhes as motivações de Galileu em defender o heliocentrismo e a discussão se encaminhou para filosofia, a turma não demonstrou interesse. Me surpreendi que eles não demonstraram interesse nas imagens que eu trouxe das fases de Vênus, as manchas solares e as crateras na Lua. Porém quando propus o argumento da torre, e depois o argumento do barco, tive boas interações com alguns estudantes, que trouxeram comentários produtivos e dúvidas interessantes. Certamente não foi o engajamento ideal, muito menos o que eu esperava, mas em comparação com a primeira aula, eu considero que tive progresso.

#### **4.2.3 Relato de Regência - Turma 103**

A aula com a turma 103 foi bem diferente do esperado, principalmente por causa do adiantamento de períodos, de modo que meus 2 períodos ficaram para depois do intervalo. Quando cheguei na sala havia apenas 4 estudantes, quando perguntei se os outros estavam vindo os 4 me falaram que eles tinham ido embora, inicialmente fiquei incrédulo e desesperançoso, mas logo passou e comecei a organizar os equipamentos.

Assim como na outra turma, comecei fazendo uma breve recapitulação dos principais pontos que foram vistos na aula da semana passada, na sequência mostrei o cronograma para a aula do dia. Em um primeiro momento iríamos definir algumas questões de interesse, eram elas: *para onde cairiam os graves se a Terra não fosse o centro do Universo? Como superar a distinção entre mundo sublunar e supralunar?* Depois a ideia era destrinchar algumas proposições de Galileu para tentar explicar a queda dos corpos para a superfície da Terra enfatizando a sua posição neoplatônica e desejo por dar suporte a teoria de Copérnico, propondo para isso a criação de uma nova teoria para os movimentos.

Antes de aprofundar nos argumentos mecânicos de Galileu eu mostrei algumas imagens de desenhos feitos por ele após observações com o telescópio, das fases de Vênus, as manchas



solares e as crateras na Lua e todas essas observações colocavam em xeque o modelo aristotélico, que pressupunha um mundo supralunar perfeito e imutável, além disso as fases de Vênus eram uma previsão teórica da teoria heliocêntrica.

Transicionando para a nova teoria dos movimentos, estabeleci dois objetivos bem definidos com essa nova teoria. Galileu queria superar os argumentos contra o movimento da Terra e também fornecer uma teoria que pudesse dar suporte ao heliocentrismo. Comecei essa parte da aula trazendo uma citação do próprio Galileu em que ele dizia que deveríamos parar de investigar os movimentos buscando explicar suas causas. Então disse aos quatro estudantes que Galileu propôs uma nova forma de analisar os movimentos em um âmbito geral, mas que nós estávamos interessados em descrever apenas os movimentos de queda.

Então propus a eles o experimento mental do argumento da Torre, pedindo a eles que imaginassem que estivessem no alto de uma torre e soltassem uma bola, onde a bola deveria cair? Supondo que a Terra se mova, dei três opções a eles, a bola cai muito longe, no pé da torre ou em uma posição intermediária. Os estudantes imediatamente afirmaram que a bola deveria cair no pé da torre e não houve tanta discussão, porém quando propus o exemplo com o barco, eles já ficaram um pouco mais confusos e uma até respondeu que a bola iria cair fora do barco, foi então que outro estudante a corrigiu falando que a bola iria cair dentro do barco, embora essa parte da aula não tenha gerado muita discussão que nem na outra turma, o exemplo do barco provocou a mesma confusão da outra turma. Segui propondo a ideia de referencial para isso mostrei um gif de uma pessoa em um trem jogando uma bola para cima, meu objetivo era mostrar a eles que a pessoa compartilhava o movimento do trem e o que ela observava era a bola subir e descer, mas uma pessoa fora do trem observava o movimento dela e do trem, e a trajetória da bola observada pela pessoa fora do trem era parabólica. Meu objetivo com esses gifs era trazer a ideia de movimento compartilhado, e que só conseguimos observar um movimento relativo a algum ponto de referência, portanto como compartilhamos o movimento da Terra, não conseguimos perceber que ela se move.

Na sequência da aula eu mostrei a eles um vídeo da queda de uma bola de boliche e uma pena em uma câmara de vácuo, associando o vídeo ao pensamento de Galileu, pois ele nunca de fato fez esse experimento, porém defendia intensamente que corpos com massas diferentes deveriam cair ao mesmo tempo. Eles ficaram surpresos que realmente uma pena e uma bola de boliche caíam ao mesmo tempo, depois fiz uma pequena demonstração com uma folha de papel amassada e não amassada, para reforçar que a massa não interfere no tempo de queda, que o formato do objeto é muito mais relevante do que sua massa.

Terminada a parte mais conceitual mostrei outro desenho feito por Galileu de uma bola em queda e a relação entre os espaços percorridos e o tempo de queda, com isso propus a relação de

proporcionalidade entre distância e tempo ao quadrado, enfatizei que precisávamos mais do que isso para conseguir encontrar o valor da aceleração gravitacional  $g$ . Então perguntei a eles se já tinham aprendido a equação horária da posição em função do tempo para um MRUV, eles disseram que não. Eu não esperava por isso. Então escrevi a equação no quadro e disse que a partir dela era possível prever a posição futura no tempo de um objeto, sabendo sua posição inicial, sua velocidade inicial e a aceleração gravitacional. O professor R interferiu nesse momento perguntando se eles conheciam a equação de segundo grau das aulas de matemática, então eu escrevi a forma geral da equação como  $ax^2 + bx + c = 0$  no quadro e eles reconheceram, porém quando fui transcrever as constantes e a variável  $x$  para seus correspondentes na equação horária eles já se perderam. Então construí o modelo, apenas a partir da informação prévia de que a velocidade inicial da bola na direção vertical era zero. A partir disso eu simplifiquei a equação horária e propus a realização do experimento. Nessa turma nenhum estudante possuía uma régua de 30 cm, então não conseguimos medir o comprimento da folha dobrada, então tive que dizer a eles que eu já sabia o valor pois já havia medido o tamanho da folha na outra turma. Depois expliquei para eles como iríamos medir o tempo de queda, utilizando o aplicativo PhyPhox e sua funcionalidade de cronômetro acústico, que começava a contar o intervalo de tempo entre dois sons.

Realizei três medidas de tempo, ou seja, fiz o experimento três vezes, coloquei os valores de tempo numa tabela no quadro e depois disse a eles que bastava substituir aqueles valores no modelo e encontraríamos o valor da aceleração gravitacional, encontramos  $10,41 \text{ m/s}^2$ ,  $9,52 \text{ m/s}^2$  e  $10,24 \text{ m/s}^2$ . Então questionei eles sobre a veracidade daqueles valores, eu esperava que eles questionassem porquê não encontramos exatamente  $10 \text{ m/s}^2$  nos três cálculos, mas isso não aconteceu. De imediato disse a eles o valor verdadeiro da grandeza e que o fato de não termos encontrado exatamente aquele valor se devia a imprecisões nas medidas do tempo causadas por mim.

A respeito da aula com a turma 103, dos 4 estudantes que estavam presentes, apenas 3 interagiram; no entanto, eles interagiram bastante. Eu fiz questão de incentivá-los, recorrendo ao argumento de estarem em menor quantidade e, portanto, não deveriam sentir tanta vergonha. Novamente, no momento inicial da aula, enquanto eu falava sobre o papel de Galileu e suas importantes contribuições, eles ficaram mais quietos. Quando trouxe as imagens das evidências empíricas, as reações deles foram muito semelhantes às reações da turma 101; não se impressionaram.

Ao chegar ao argumento da torre, tive o maior engajamento dos 3 estudantes, que trocaram ideias sobre as possibilidades de queda da bola. No entanto, nenhum deles evocou a resistência do ar como um fator relevante para a queda, então fui eu que trouxe essa questão, e eles

refletiram por um momento sobre isso. Também houve confusão quando apresentei o argumento do barco. Eles afirmaram que a bola iria cair na água e não no barco. Considero que foi uma boa ideia trazer esse exemplo, pois a reação deles foi exatamente o que eu esperava.

Na parte da construção do modelo, ao mostrar o desenho de Galileu para a queda livre e as relações entre distância e tempo, foi difícil para os estudantes perceberem a relação de proporção entre os parâmetros. No entanto, quando finalmente dei a resposta, eles entenderam bem. Mas ao chegar à etapa de construir a equação do modelo da queda livre, tive o mesmo problema. Os estudantes não conheciam a equação horária da posição em um MRUV, então foi complicado fazê-los entender essa parte. Foi só então que percebi que esse conhecimento prévio era um pré-requisito crucial para essa parte da aula que não mapeei em nenhum momento. Portanto, em uma aula futura sobre esse assunto, vou mapear melhor se os estudantes possuem esse conhecimento prévio antes de propor a criação do modelo matemático em qualquer experimento de qualquer tema da física.

### **4.3 Aula 3**

**Data:** 15/08/2023

#### **4.3.1 Plano de Aula**

##### **Tópicos:**

- Força gravitacional;
- Ação a distância;
- Gravidade solar;
- Tendência centrífuga.

##### **Objetivos docentes:**

- Explorar os conceitos de gravidade solar agindo à distância nos planetas e tendência centrífuga como justificativa para a estabilidade das órbitas planetárias;
- Desmistificar a noção de que Newton descobriu a gravidade após a queda da maçã de acordo com as respostas dos estudantes a tarefa de leitura;
- Construir a relação da força gravitacional com as massas e a distância, recorrendo ao conceito de ação à distância;
- Evocar a força gravitacional como uma justificativa para explicar o porquê a Terra realiza um movimento circular ao redor do Sol e conectar com a proposição do modelo Heliocêntrico.

### **Procedimentos: Tendência centrífuga**

Atividade inicial: Vou iniciar a aula mostrando uma dúvida de um estudante a tarefa prévia em que este questiona sobre a utilidade do estudo do movimento circular de uma pedra amarrada em uma corda para o desenvolvimento da teoria Gravitação Universal feita por Newton.

Desenvolvimento: Após projetar a resposta pretendo fazer uma pequena demonstração desta proposição utilizando uma medalha, vou girá-la e então soltá-la, a partir disso vou introduzir o conceito de tendência centrífuga, como o que justifica a estabilidade do movimento circular da pedra causado pela minha mão.

Fechamento: Vou encerrar essa parte da aula conectando essa discussão com a justificativa do movimento circular da Lua ao redor da Terra e dos planetas ao redor do Sol.

### **Procedimentos: Gravidade Solar**

Atividade inicial: Após propor a explicação da estabilidade do movimento circular dos corpos celestes através da tendência centrífuga vou destacar a insatisfação da comunidade científica da época com essa explicação.

Desenvolvimento: A partir dessa indignação vou propor uma explicação alternativa para a estabilidade das órbitas, introduzindo o conceito de gravidade solar, que deveria equilibrar a tendência centrífuga e agir à distância nos planetas.

Fechamento: Vou terminar essa parte da aula trazendo a hipótese baconiana de que a gravidade deveria diminuir com a altura e vou escrever no quadro essa relação de proporcionalidade, sugerindo que estamos muito próximos de construir a lei da Gravitação Universal.

### **Procedimentos: Força gravitacional**

Atividade inicial: Vou retomar a discussão sobre o modelo heliocêntrico de Copérnico, que possibilita a pergunta “Se é a Terra que gira em torno do Sol, o que faz ela descrever esse movimento?”

Desenvolvimento: Construir a relação entre a força gravitacional e a distância ao quadrado entre os corpos mediada pelo conceito de ação à distância proposto por Robert Hooke, cuja ideia Newton se mostrou resistente em aceitar. Após estabelecer a relação entre a força e a

distância vamos dar o próximo passo, utilizando a lei da ação e reação para justificar o produto das massas dos objetos em interação.

Fechamento: Irei aplicar algumas questões conceituais propondo algumas situações em que os estudantes deverão avaliar as relações de proporcionalidade entre força gravitacional, o produto das massas e a distância ao quadrado. Vou utilizar o peer instruction nesse momento para incentivar a discussão entre eles.

### **Procedimentos: Aceleração gravitacional**

Atividade inicial: Resgatar a pergunta do início da aula sobre o porquê o valor da aceleração gravitacional é  $10\text{m/s}^2$  e não qualquer outro valor.

Desenvolvimento: Utilizar a relação de proporção construída durante a aula para chegar na lei da Gravitação Universal e junto com a força peso obter uma expressão para o cálculo da aceleração gravitacional.

Fechamento: Destacar que essa equação nos informa que a aceleração gravitacional terrestre é  $10\text{ m/s}^2$  por causa de sua massa e tamanho, porém em Júpiter o valor é diferente, pois Júpiter tem uma massa e tamanho diferentes.

**Recursos:** Projetor, computador, slides, quadro branco, Plickers e celular;

**Avaliação:** Questões conceituais mediadas pela metodologia Peer Instruction;

**Observações:**

#### **4.3.2 Relato de Regência - Turma 101**

Na terceira aula da regência fui informado previamente que houve uma alteração nos horários das turmas 101 e 103, portanto meus dois períodos com a turma 101 agora eram os dois primeiros (7:30h - 9:10h), porém quando eu cheguei na escola no dia da aula fui avisado que haveria uma reunião no primeiro período e que os estudantes só iriam chegar a partir das 8:20h, em um primeiro momento fiquei desesperado pois não iria conseguir fechar as 16 horas de regência necessárias, porém o professor R disse que iria tentar negociar com algum professor da turma 101 para que eu pudesse usar o terceiro período e assim ter os 2 períodos planejados. Após a reunião dos professores fui informado que o professor de filosofia da turma 101 me cedeu o período necessário. A parte boa disso foi que eu pude organizar os equipamentos da aula e assim não perder tempo de aula com a turma.

Assim como nas outras duas aulas, comecei fazendo uma breve recapitulação do que foi visto na aula anterior para os estudantes que faltaram e para aqueles que talvez não se lembrassem também. Disse a eles que vimos que os corpos caem na terra com uma aceleração constante aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$  e que portanto se encaixava em um MRUV no eixo vertical e que encontramos esse valor a partir da relação entre distância e tempo ao quadrado proposta por Galileu.

Para dar início ao conteúdo propus as perguntas: por que os corpos caem para a Terra e não para o Sol? Por que o valor da aceleração gravitacional é  $10 \text{ m/s}^2$ ? Então estabeleci o cronograma da aula, evidenciando que ela seria intercalada entre momentos expositivos e as respostas deles a tarefa prévia (ver Anexo I), conforme o andamento eu iria respondendo as dúvidas que ficaram da tarefa e que nessa aula iríamos progredir no nosso entendimento sobre gravidade de acordo com os pensamentos de Descartes, Bacon e Newton e ao final da aula iríamos construir a equação da força gravitacional.

Comecei expondo uma dúvida de um estudante: *a pedra ajudou mesmo Newton a saber sua teoria?* Pois no texto da tarefa havia um trecho que mencionava que o Newton se inspirou em estudos de Descartes sobre uma pedra, a seguir uma resposta de um estudante a tarefa

*Era como uma pedra amarrada num cordão segurado por uma pessoa. O puxão dado pela pessoa não deixava a pedra escapar e fazia ela girar e isso era igual ao que a Terra faz com a Lua.*

Então comecei a explicação da proposta de Descartes e a ideia de tendência centrífuga. Essa tendência, significava que uma pedra amarrada num cordão quando uma pessoa o segura e começa a girá-lo, sempre quer escapar desse movimento, por causa da tendência centrífuga, porém a força que a pessoa faz mantém a pedra em seu movimento circular. Prossegui falando que a estabilidade das órbitas planetárias era explicada dessa forma, Descartes utilizava um argumento mecânico, por um lado o planeta quer sair de sua órbita pela tangente em decorrência de sua tendência centrífuga, mas o éter, que girava em vórtices, exercia o papel da força da pessoa que mantinha a pedra em seu movimento. Eu trouxe um *gif* para ilustrar a ideia de vórtice. Tentei explicar dessa forma e eles pareceram acompanhar o raciocínio. Eu levei para aula uma medalha, com o objetivo de tentar demonstrar a lógica da pedra amarrada num cordão e o conceito de sair pela tangente, percebi que enquanto eu demonstrava os estudantes estavam prestando atenção, mas para reforçar a explicação também utilizei a simulação computacional *My Solar System*<sup>6</sup> do repositório Phet Colorado. Primeiramente coloquei a simulação para funcionar na situação Sol e planeta para ilustrar o movimento que a Terra executa ao redor do Sol, então retirei o Sol e o afastei da Terra, demonstrando então que ela de fato deveria seguir em um movimento retilíneo uniforme pela

<sup>6</sup> Esse éter é o mesmo éter que compunha o mundo supralunar para Aristóteles

tangente.

Transicionando a aula comecei a estruturar a ideia de que a comunidade científica da época estava insatisfeita com essa forma de explicar a questão das órbitas planetárias, e que uma solução alternativa pressupunha dois tipos de “força”, a tendência centrífuga de Descartes e a gravidade solar que agia à distância sobre os planetas, sendo assim o planeta se mantinha equilibrado em sua órbita. Reforcei que por bastante tempo Newton foi adepto da explicação cartesiana para a manutenção da órbita planetária, mas que após diversos estudos ele abdicou dessa ideia e se juntou a comunidade insatisfeita, entendendo a estabilidade das órbitas como um equilíbrio entre tendência centrífuga e gravidade solar. Durante a explicação eu projetei a figura 4

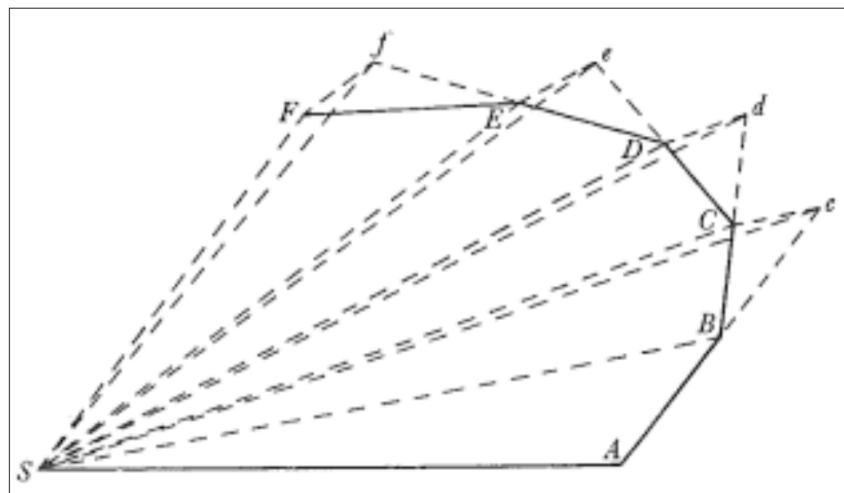


Figura 4: construção do movimento da Terra ao redor do Sol (Fonte: KARAM, 2021, p. 1071).

Embora Karam (2021, p. 1071) utilize essa imagem para reconstruir o argumento original de Newton de que se assumimos uma força central, obtemos a segunda lei de Kepler, achei pertinente utilizá-la para reforçar as ideias já mencionadas durante as aulas sobre o equilíbrio entre tendência centrífuga e gravidade solar.

Na sequência da aula eu trouxe ainda a hipótese baconiana de que a gravidade deveria diminuir com a altura, enfatizei que isso foi crucial para Newton conjecturar que a gravidade terrestre deveria chegar até a Lua. Foi então que finalmente introduzi o conceito de ação à distância, que os corpos agem um sobre o outro mesmo quando estão separados por uma distância, como a Terra e a Lua e o Sol e a Terra.

A turma estava bastante agitada durante essa parte da aula e foi difícil controlá-los, porém seguindo o cronograma proposto, após o momento expositivo e um panorama geral da situação conceitual da época sobre gravidade e órbita planetária eu trouxe uma das questões da tarefa de leitura: Após ler o texto, quais foram as mudanças propostas por Newton sobre a

gravidade? Como ele descobriu essas mudanças? Reproduzo algumas respostas dos estudantes a seguir

*“Ele viu uma maçã caindo de uma árvore, veio à sua mente o pensamento de que devia haver alguma razão para a maçã cair no chão e não ir para cima. Assim ele chegou à conclusão de que existe uma força exercida pela TERRA que puxa todos os objetos para baixo”.*

*“Ele mudou a compreensão da gravidade, como uma propriedade dos corpos graves que buscavam o centro do universo para uma força que agia à distância entre os corpos. Ele se baseou nas ideias de outros filósofos e cientistas da época, como Descartes e Bacon, para desenvolver suas próprias teorias. Ele também realizou cálculos complexos para chegar a conclusões que unificaram a física e explicaram tanto o movimento dos corpos na Terra (como a queda de uma maçã) quanto os movimentos celestes (como as órbitas dos planetas e a Lua)”.*

*“Dois corpos atraem-se com força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade”.*

A primeira resposta mostrou que o estudante ou não leu o texto, ou apenas copiou esse trecho de alguma fonte duvidosa, no momento em aula enfatizei que era essa concepção que queríamos evitar. A segunda resposta foi bem mais elaborada, evidenciando que o estudante, além de ler o texto o interpretou corretamente, A terceira resposta, mais sucinta, trouxe o caráter mais matemático da proposta newtoniana. Com essas respostas propus a construção das relações matemáticas entre força, massa e distância, chegando em  $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$ .

Com a relação estabelecida passei ao principal momento da terceira aula, as questões do *peer instruction*, a primeira questão trazia uma série de afirmativas a respeito da lei da Gravitação Universal e os estudantes deveriam avaliar quais eram verdadeiras (questão 5 do Apêndice B). Antes de dar início, enquanto eu entregava os *Plickers*, expliquei novamente como iria funcionar a dinâmica, primeiramente eles deveriam escolher uma alternativa sem conversar com os colegas e pensar em argumentos que justificassem a escolha, pois em momento posterior eles deveriam tentar convencer os colegas que escolheram outra alternativa de que a sua alternativa era a correta. Mesmo eu enfatizando que na primeira votação eles não deveriam conversar com os colegas, não fui ouvido. Na primeira votação houve uma taxa de acertos próxima 40% e foi complicado captar todas os cartões, pois eles não o seguravam como eu recomendei, obtive 25 respostas na primeira votação, após isso, imediatamente instruí os estudantes a procurarem um colega que escolheu uma alternativa diferente na intenção de convencê-lo de sua escolha, não esbocei nenhuma reação que pudesse viesá-los acerca da alternativa correta. A dinâmica durou em torno de 5 minutos, então comecei a insistir na segunda votação, imediatamente alguns estudantes pediram mais tempo, concedi a eles um pouco mais de tempo, mas logo em seguida eles já disseram que a votação podia



ser realizada novamente. Na segunda votação a taxa de acerto subiu para pouco mais de 50%, então eu expliquei a eles cada afirmação e porque ela estava ou não correta, é importante destacar que a maior parte das respostas se concentraram entre duas alternativas, uma delas afirmava que *se a distância entre dois objetos for triplicada a força gravitacional entre eles será 9 vezes menor*, a outra afirmava isso e também que *a força de atração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa os dois corpos*. A alternativa correta era a que tinha as duas afirmativas. Durante a discussão entre os colegas eu caminhei pela sala incentivando a conversa, quando recomendei a duas estudantes que convencessem um grupo de colegas ao lado ambas esboçaram um olhar de repulsa aos colegas, portanto não insisti muito. Quando revelei a alternativa correta, alguns estudantes ficaram eufóricos, pois tinham sido convencidos da alternativa errada.

Na segunda questão o resultado revelou uma dificuldade imensa, realizei os procedimentos exatamente da mesma forma com a primeira questão, porém quando fui realizar a segunda votação percebi que diversos estudantes que tinham escolhido a alternativa correta foram convencidos da alternativa errada. A questão buscava avaliar a compreensão da relação de proporcionalidade entre força e distância ao quadrado, ficou evidente que os estudantes não entenderam que se a distância diminuir um determinado valor, a força aumenta com o quadrado desse valor. Nessa votação obtive 24 respostas, pois alguns estudantes não estavam muito dispostos a participar da dinâmica e eu tinha que pedir várias vezes para que segurassem o cartão sem tapar o QR code. Quando revelei a alternativa correta alguns estudantes ficaram incrédulos, novamente pois haviam sido convencidos da alternativa incorreta. Após essa questão eu tinha planejado mostrar a eles a simulação do Phet Colorado, de novo, porém dessa vez uma situação entre Sol, planeta e cometa, quando percebi essa imensa dificuldade aproveitei, também, para ilustrar o conceito que estava por trás daquela relação matemática. Enquanto eu explicava a situação da simulação, trouxe o exemplo do cometa Halley, como forma de justificar a órbita extremadamente elíptica dos cometas, conectei com as aulas passadas, dizendo que Aristóteles tinha visto esse cometa durante sua vida e acreditava que ele jamais voltaria, porém anos depois Ptolomeu viu o mesmo cometa, e assim sucessivamente até Galileu, que de tempos em tempos o cometa passava próximo a órbita da Terra e era somente assim que conseguimos vê-lo.

A terceira questão (ver Apêndice B questão 3) buscava medir a compreensão do mesmo conceito da questão 2, na primeira votação dessa questão obtive 63% de respostas corretas, e como estava acabando o tempo da aula não fiz uma segunda votação, apenas expliquei brevemente a questão.

Depois eu trouxe as respostas da questão de feedback da tarefa de leitura, encerrando a parte da aula relacionada com o texto prévio, recebi desde respostas positivas a respostas

sinceramente negativas:

*Estudante A: Os [pontos] que mais gostei foram esses: O processo gradual de unificação da física ao longo do tempo, com diferentes pensadores contribuindo para a compreensão da gravidade. [E] a maneira como Newton adotou e desenvolveu ideias de outros filósofos para criar suas próprias teorias inovadoras.*

*Não teve pontos que menos gostei.*

*Estudante B: Eu não gostei de nada*

Comecei então a parte final da aula, que pressupunha uma justificativa para o valor da aceleração gravitacional terrestre ser  $10 \text{ m/s}^2$ , disse a eles que essa parte seria mais matemática e que para isso, era preciso usar a relação de proporcionalidade que vimos na aula, mas também que precisávamos da relação da força peso. Nesse momento perguntei a turma se lembravam o que fazer para transformar uma relação de proporção em uma equação, ninguém soube responder, então disse que na segunda aula vimos que para isso devemos multiplicar a relação de proporção por uma constante, nesse momento percebi que eles estavam perdendo o interesse, mas continuei. Quando terminei de montar a equação disse a eles que bastava conhecer o valor da massa e o raio da Terra e substituir esses valores, que iríamos encontrar um valor aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , concluí o raciocínio dizendo a eles que o valor é esse em decorrência do tamanho e da massa da Terra. Imediatamente tocou o sinal e eles saíram correndo.

Tenho vários sentimentos em relação à experiência com essa aula. Por um lado, foi muito reconfortante ver a interação deles durante a dinâmica do Peer Instruction, pois eu tinha baixas expectativas em relação à disposição deles em participar. Por outro lado, fiquei preocupado com a dificuldade da turma em compreender a relação entre a força gravitacional e a distância ao quadrado. No entanto, quando vi os resultados deles na questão 3, me senti aliviado, pois eles haviam entendido após a minha explicação.

Foi extremamente desafiador controlar o tempo de cada etapa da aula. Eu havia planejado dois momentos bem definidos: primeiro abordar a força gravitacional e construir a Lei da Gravitação Universal; depois abordar a aceleração gravitacional. No entanto, mal consegui falar sobre a segunda parte. De certo modo, eu reconheci que a principal parte da aula era a primeira, pois era onde estavam concentrados os objetivos docentes que eu havia estipulado. Mas na segunda aula ficou a dúvida do porquê a aceleração natural de um corpo em queda livre ser  $10 \text{ m/s}^2$  e não qualquer outro valor. Utilizando a equação da Gravitação Universal, nós poderíamos justificar esse valor.

Uma dificuldade que surgiu enquanto eu planejava essa aula era como eu poderia justificar a constante gravitacional sem apenas dizer que multiplicamos a relação de proporção por ela. Então, tive a ideia de usar a força peso e a equação da força gravitacional para determinar G.

No entanto, como um dos objetivos da minha aula era justificar o módulo de  $g$ , optei por não proceder dessa forma.

Essa aula era a mais importante da unidade didática e sinto que eu poderia tê-la organizado de uma forma melhor. Tive muita dificuldade em estruturar a sequência entre conteúdo, respostas à tarefa de leitura e as questões do IpC. Eu não queria que a aula ficasse muito robotizada; queria trazer as dúvidas que surgiram da leitura do texto à medida que avançássemos na construção do conteúdo. No futuro, penso em separar a segunda parte da aula desse dia para outro dia, mas, como não tinha tempo hábil com eles, acabei aglutinando tudo em uma única aula. Uma surpresa positiva foi a quantidade de respostas que recebi na tarefa prévia. Foram 12 respostas até o dia da aula.

### 4.3.3 Relato de Regência - Turma 103

Para essa aula eu estava um pouco apreensivo, pois na semana anterior a maior parte da turma foi embora durante o intervalo. Novamente minha aula foi adiantada um período, pois algum professor da turma 103 faltou no dia. Comecei a aula logo após o intervalo. Diferente da outra turma, nessa eu tive que utilizar de 5 a 10 minutos do tempo de aula para organizar o projetor e os slides, utilizei esse tempo como tolerância até que todos voltassem para a sala, como eles estavam no intervalo, voltaram para a sala ainda agitados.

Como boa parte da turma faltou à segunda aula, a recapitulação no início era um ponto importante do início da terceira aula e eu gastei um pouco mais de tempo nessa parte do que na outra turma. Sintetizei os pontos principais da aula dois lembrando as disputas entre geocentrismo e heliocentrismo, o papel fundamental de Galileu como um defensor da teoria copernicana, suas contribuições empíricas que colocaram em xeque o modelo geocêntrico e sua busca por uma nova teoria dos movimentos, que pressupunha um rompimento com o estudo do movimento a partir de suas causas. Ainda sobre a segunda aula, construímos um modelo matemático que relacionava a distância percorrida com o tempo ao quadrado em um movimento de queda livre e a partir dele concluímos que se tratava de um MRUV na direção vertical com uma aceleração bem definida de aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ .

Então eu iniciei a terceira aula propondo duas questões: por que os corpos não caem para o Sol, visto que ele é o centro do Universo? Por que os corpos são acelerados para a superfície terrestre a  $10 \text{ m/s}^2$ . Quando fui propor o cronograma percebi algumas reações de surpresa por parte da turma. Perguntei se tinham feito a tarefa de leitura prévia e ninguém sabia do que se tratava, foi então que o professor supervisor me disse que ele só havia mandado a tarefa para turma 101, dessa forma a aula inteira que eu tinha planejado para aquele dia já estava comprometida logo no início,

visto que ela foi construída a partir das respostas da tarefa de leitura, de acordo com a metodologia Ensino sob Medida.

Prossigui com a exposição oral começando pelas dúvidas que surgiram da outra turma, as principais eram: a pedra ajudou de fato ajudou o Newton a desenvolver sua teoria? Quem acreditava no éter, Descartes ou Aristóteles? Ou os dois? Comecei a responder a primeira pergunta utilizando uma medalha que eu levei para ilustrar a pedra amarrada em uma corda girando, tentei explicar a ideia de *sair pela tangente* a partir dessa demonstração, dizendo que o que mantinha a massa da medalha no movimento circular era a força que eu fazia para girá-la, então eu soltei repentinamente a fita, a medalha voou pela sala, no exato momento em que a medalha saiu voando eu disse a turma que aquilo era *sair pela tangente*.

Conectei isso com a dúvida apontada na tarefa introduzindo Descartes e o estudo do movimento da pedra amarrada na corda, para ele a todo momento a pedra era desviada de sua tendência a sair pela tangente. Descartes chamava isso de tendência centrífuga, a força produzida pela pessoa segurando a corda equilibrava essa tendência centrífuga de modo que a pedra descrevesse um movimento circular aproximadamente uniforme. Porém Descartes foi além e tentou explicar o movimento dos planetas ao redor do Sol argumentando que assim como uma pedra o planeta está constantemente sendo desviado de sua tendência centrífuga, no entanto, diferentemente da pedra o que equilibrava o planeta em sua órbita era a matéria do espaço (éter) que girava em vórtices. Eu utilizei uma imagem e um gif de um redemoinho para ilustrar o raciocínio, fiz alguns desenhos no quadro e trouxe a simulação computacional do *My Solar System* do Phet Colorado para ilustrar novamente a ideia de sair pela tangente.

Continuando a exposição oral inicial eu trouxe um trecho de um artigo de história da ciência que resgata a insatisfação da comunidade científica da época com essa explicação para a estabilidade das órbitas planetárias. Enfatizei que o Newton defendeu por muitos anos os argumentos cartesianos, mas acabou mudando de ideia e passou a defender a explicação alternativa que pressupunha um equilíbrio entre dois tipos de força, a tendência centrífuga do movimento orbital do planeta e a gravidade solar que seria um tipo de ação do Sol sobre os planetas à distância.

Foi a partir da ideia de gravidade solar que começou o desenvolvimento do conceito de força gravitacional à distância, mas Newton ainda precisava de mais uma ideia importante de Francis Bacon, que a gravidade deveria diminuir com a altura e a partir disso Newton pensou que a gravidade poderia chegar até a Lua.

Terminado o primeiro momento expositivo trouxe mais uma questão da tarefa de leitura que buscava quantificar a compreensão da turma acerca das ideias de Newton sobre os movimentos da Lua e da Terra, não vou reproduzir as respostas, pois foram as mesmas da outra turma.

Semelhante ao que foi feito na turma 101 introduzi o conceito de ação à distância pois assim como a pedra se mantém na trajetória graças a força feita pela pessoa que segura a corda, Newton pensou que alguma coisa deveria exercer o papel da corda no movimento da Lua ao redor da Terra, de modo que ação à distância seria a influência que um corpo exerce sobre o outro quando estão separados por uma distância mensurável.

Seguindo a teoria heliocêntrica os planetas deveriam se mover em círculos ao redor do Sol, com a intenção de ilustrar a extrapolação que Newton fez para o movimento dos planetas projetei a imagem (figura 4). Achei pertinente trazer as respostas dos estudantes à pergunta sobre as mudanças propostas por Newton sobre o entendimento da gravidade (ver Apêndice A).

A partir disso construí a relação de proporcionalidade entre a Força gravitacional, o produto das massas e a distância ao quadrado. E projetei a primeira questão do IpC para eles (ver Apêndice B, questão 5). Foi difícil fazer alguns estudantes entenderem que deveriam pensar na resposta em silêncio e depois deveriam convencer os colegas. Como essa turma é menor, a interação deles foi escassa, apenas duas estudantes em um dos lados da sala interagiram com um grupo de estudantes do outro lado e ainda assim a maioria foi convencida da resposta errada. Semelhante a outra turma, a confusão aconteceu na compreensão do significado conceitual por trás da relação entre força e o inverso da distância ao quadrado, pois vários estudantes escolheram a opção que trazia essa afirmativa, porém quando a afirmativa mencionava uma variação na distância eles não sabiam prever qual deveria ser a variação na força. No entanto, um estudante que escolheu a alternativa certa sentiu-se à vontade para expor os motivos da sua escolha e disse “eu sabia que a afirmação 2 estava certa, como só tinha uma opção com ela escolhi assim, mas não sei porque a afirmativa 4 está correta”.

A segunda questão utilizada buscava avaliar a compreensão do mesmo conceito, de novo alguns estudantes não respeitaram meu pedido por silêncio na primeira votação e quando disse para eles que deveriam convencer os colegas da sua escolha, vários foram convencidos da alternativa errada de novo, porém as duas estudantes que tiveram dificuldades na primeira questão conseguiram entender e escolheram a resposta certa, elas também compartilharam com a turma seus argumentos, mas desta vez elas conseguiram explicar corretamente.

Quando olhei o relógio percebi que só tinha mais 20 minutos de aula e acabei não fazendo as outras duas questões que fiz na turma 101, pois ainda tinha que justificar o porquê da aceleração gravitacional ser  $10 \text{ m/s}^2$ . Disse a eles que para ser possível justificar isso precisaríamos da equação da força peso e da lei da Gravitação Universal, fiz as contas no quadro rapidamente de modo a chegar na relação  $g \propto \frac{M_T}{d^2}$ , foi então que perguntei a eles como fizemos na aula dois para transformar uma relação de proporção em uma equação, ninguém soube responder e muitos já não

estavam prestando atenção, lembrei a turma que deveríamos multiplicar a relação por uma constante e a partir disso utilizando os valores da massa e do raio da Terra nós obtivemos um valor aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , concluí falando que esse valor depende do tamanho e da massa de um planeta e questionei a turma sobre qual seria a aceleração gravitacional em Júpiter, mas a maior parte da turma já havia perdido o interesse completamente. Então eu só respondi que a aceleração é quase três vezes maior, pois Júpiter era um planeta muito mais massivo, cujo raio é muito maior que o da Terra.

Minha principal reflexão sobre essa aula é que eu deveria ter assegurado que a tarefa prévia tivesse sido enviada para as duas turmas. Acabei sendo pego de surpresa e isso comprometeu todo o andamento da aula, pois nos momentos em que trouxe as respostas, os estudantes não se reconheceram em nenhuma delas, pois nenhum deles sabia que havia uma tarefa prévia para aquela aula.

Nessa aula com a turma 103, aprendi que o aplicativo do Plickers não salva os dados de uma aplicação de questão separadamente. Em outras palavras, quando fui registrar as respostas deles, as questões ainda continham os dados das respostas da outra turma. Isso significa que eu não consegui saber com certeza em quais alternativas cada um havia votado. Por sorte, as votações deles foram muito parecidas com as da outra turma, de modo que os votos que já estavam computados no aplicativo apenas aumentaram proporcionalmente.

## **4.4 Aula 4**

**Data:** 22/08/2023

### **4.4.1 Plano de Aula**

#### **Tópicos:**

- Questionário final;
- Fechamento da unidade didática, recapitulando os principais conceitos trabalhados.

#### **Objetivos docentes:**

- Aplicar um questionário conceitual para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre os principais conceitos dos modelos cosmológicos e força gravitacional;
- Junto com as questões conceituais haverá também uma questão cujo objetivo é avaliar a imagem da natureza da ciência que os estudantes têm após a unidade didática;

**Procedimentos: Questionário final**

Atividade inicial: Primeiramente vou distribuir os questionários aos alunos. Depois vou ler e explicar o enunciado de cada questão. Vou avisá-los que podem fazer a atividade em grupos e discutir com os colegas, mas se precisarem da minha ajuda poderei ajudá-los a encontrar uma linha de raciocínio.

Desenvolvimento: Os estudantes terão em torno de 50 a 60 minutos para responder o questionário;

Fechamento: Conforme os estudantes forem terminando vou corrigindo enquanto espero todos terminarem.

### **Procedimentos: Encerramento da unidade didática:**

Atividade inicial: Após os estudantes responderem o questionário vou repassar brevemente os conceitos estudados, de onde partimos na primeira aula até onde chegamos na última aula;

Desenvolvimento: Durante o encerramento da unidade didática vou resgatar todas as perguntas que tentamos responder durante nossas aulas e com isso também fornecer um feedback as questões do questionário final

Fechamento: Para finalizar a aula vou me despedir deles e agradecer pelo tempo que compartilhamos juntos durante as 4 semanas.

**Recursos:** Questionários escritos em papel, computador e projetor.

**Avaliação:** Questionário sobre os conceitos estudados ao longo da unidade didática e também uma questão sobre o entendimento deles da descoberta científica

**Observações:** Não há observações

#### **4.4.2 Relato de Regência - Turma 101**

Cheguei na escola com 15 minutos de antecedência e esperei o professor R chegar na escola para me dar a chave das salas. Quando ele chegou, pouco antes das 7:30h, peguei a chave e fui em direção a sala da turma 101, chegando lá vários estudantes já estavam esperando na porta. Entrei e conversei com eles rapidamente sobre a atividade que eu iria entregar a eles, alguns perguntaram se era a minha última aula, quando eu disse que sim perguntaram porque eu não iria ficar mais tempo, respondi que precisava terminar nesse dia pois ainda tinha que terminar de escrever o TCC senão eu não poderia me formar.

Passados cinco minutos após o sinal tocar comecei a entregar os questionários (ver

Apêndice C) para os estudantes, conforme eu ia entregando outros estudantes chegavam na sala. Após a entrega esperei mais uns poucos minutos, para mais alunos chegarem. Na sequência comecei a ler cada enunciado das questões da atividade com eles para esclarecer eventuais dúvidas de compreensão, enquanto eu lia também falava o que eu esperava receber de respostas. Depois de ler as questões informei-lhes de que poderiam trocar ideias com os colegas para a resolução das questões.

Conforme os estudantes foram fazendo a atividade diversas vezes fui chamado as mesas para responder perguntas acerca do teor das respostas. De modo geral as principais dúvidas eram sobre a complexidade da resposta que deveriam escrever, uma estudante disse que só lembrava que geocentrismo era o modelo que a Terra estava no centro e o heliocentrismo que o Sol estava no centro, perguntou-me se poderia responder apenas isso. Eu disse a ela que poderia responder só isso, mas que ela tentasse elaborar melhor a resposta. Em um momento posterior um estudante me chamou para perguntar como ele deveria responder a questão dois sobre o argumento do barco, disse-me que sabia responder, mas que não estava conseguindo escrever com as próprias palavras, então eu o ajudei brevemente.

A turma foi progredindo nas questões, quando chegaram na três muitas dúvidas apareceram, pois era a pergunta que necessitava da relação de proporção entre Força gravitacional, massa e distância ao quadrado. Nas primeiras vezes em que fui chamado em decorrência dessa dúvida, apenas instiguei os alunos a lembrar da relação, porém vários estudantes começaram a me chamar com a mesma dúvida, então concluí que a questão estava mal escrita e escrevi a relação matemática no quadro para ajudá-los, no entanto não foi suficiente e nem assim a turma conseguiu responder essa questão.

Me surpreendeu que nenhum estudante me chamou para ajudar com a questão quatro, que buscava avaliar a compreensão deles sobre o processo de evolução do conhecimento científico.

Os estudantes levaram entre 40 a 50 minutos para terminarem de responder o questionário, sobrando mais ou menos 30 minutos de aula. Conforme eles foram entregando os questionários eu fui montando o projetor e o chromebook do professor R para quando a turma terminasse a atividade eu já poder encerrar a unidade didática com uma breve exposição oral. Porém enquanto eu ia arrumando os equipamentos tive problemas, pois o chromebook estava sem bateria, precisei esperar uns 10 minutos para conseguir usá-lo e acabou sobrando aproximadamente 20 minutos para o encerramento da unidade.

Comecei a exposição falando que iria sintetizar os conhecimentos estudados durante as quatro semanas de aula, retomei os modelos geocêntrico e heliocêntrico do mundo, expondo suas características principais e questões que surgiram. Depois relembrei a turma dos problemas



enfrentados pela teoria heliocêntrica, como a influência da igreja católica, a falta de evidências empíricas a favor da teoria e a dificuldade em explicar a queda dos graves. Partindo para os conceitos vistos na aula dois, trouxe as contribuições empíricas de Galileu a favor do heliocentrismo e a sua proposta de uma nova teoria descritiva dos movimentos, a partir disso falei do modelo de queda livre construído em aula a partir de desenhos de Galileu (figura XX) e o experimento realizado a partir desse modelo. Com isso surgiu a questão do porquê a aceleração natural da Terra era aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , somado a isso ainda restava responder como superar a divisão entre mundo sublunar e supralunar.

Começando pelas ideias de Descartes sobre o movimento de uma pedra presa por uma corda e a hipótese de Bacon sobre a redução da gravidade com a altura, construímos a relação de proporcionalidade entre força, o produto das massas e a distância ao quadrado. Depois de resumir o conteúdo ainda falei sobre as sutilezas por trás das nossas aulas, o aspecto colaborativo da evolução científica, as disputas políticas entre cientistas e igreja católica, e a falsidade do método científico empirista que pressupõe que o conhecimento evolui a partir apenas das observações de fatos.

Essa aula de avaliação me fez refletir bastante sobre o planejamento didático que criei, pois nenhum estudante conseguiu responder todas as questões da avaliação; em geral, eles sabiam responder a uma ou duas questões. Surgiram muitas dúvidas sobre o que era geocentrismo, e houve confusões com o heliocentrismo. Dos poucos estudantes que recordavam algo sobre os modelos, lembravam-se apenas da distinção entre Terra no centro e Sol no centro. A questão dois também gerou dificuldades extremas, e apenas um estudante afirmou que sabia responder. No entanto, ele não conseguia elaborar a resposta com suas próprias palavras. Eu sabia que ele compreendia, pois ele foi quem mais interagiu quando discuti os argumentos da torre e do barco durante a aula.

À medida que avançaram para a questão três, os estudantes começaram a me chamar diversas vezes. Em resposta, escrevi no quadro a relação  $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$  para tentar ajudá-los, mas mesmo assim eles não conseguiram compreender. Quando um grupo de estudantes me chamou para explicar essa questão, tentei sintetizar todo o pensamento desenvolvido na aula 3 e explicar como ocorriam as variações na força quando as massas e a distância aumentavam. Sinto que acabei fornecendo a resposta não intencionalmente.

#### 4.1.3 Relato de Regência - Turma 103

Cheguei na sala da turma 103 imediatamente após o sinal tocar, reparei a ausência de alguns estudantes, então esperei os estudantes regressarem à sala antes de entregar os questionários. Um grupo de estudantes estava muito agitado, conforme fui entregando os questionários fui escutando as reações de quem já havia recebido e eram principalmente “*não sei fazer nada*”. Li as

questões com eles e avisei que poderiam conversar com os colegas para ajudar na atividade. Quando entreguei para uma estudante, ela disse-me “*professor, eu troquei de turma, era do turno da tarde, hoje é a minha primeira aula, o que eu faço?*” Disse que ela não seria prejudicada se não conseguisse fazer a atividade, pois o professor regente iria disponibilizar uma outra atividade para ela, condizente com os conteúdos que ela já vinha estudando na turma da tarde, porém encorajei ela a procurar ajuda dos colegas.

Já na primeira questão uma dupla de estudantes me chamou para perguntar se eu poderia ajudá-las, pois elas sabiam que a Terra estava no centro no geocentrismo e que o Sol estava no centro no heliocentrismo, porém era só o que sabiam, então eu relembrei alguns aspectos da primeira aula para ver se isso ajudava. Enquanto isso, a estudante nova começou a se aproximar da dupla e pediu ajuda, que as estudantes imediatamente responderam “*a gente não sabe responder nem pra nós*”. A aluna recuou por um momento chateada, mas pediu mais uma vez ajuda e uma das estudantes da dupla finalmente tentou ajudá-la.

Para minha surpresa um estudante terminou a atividade muito rapidamente, quando questionei se ele havia conseguido responder as perguntas ele desconversou e imediatamente comentou sobre a chuva, pois estava preocupado se iria conseguir ir para casa se chovesse, logo perguntou se eu iria fazer a chamada, pois estava preocupado com a sua presença, disse a ele que a folha da atividade iria contar como a presença pois quem fez estava na aula naquele dia. Quando disse que ele iria ganhar presença imediatamente saiu da sala.

Na segunda questão, outra dupla de estudantes me chamou para explicar o que deveria ser feito, visto que ambos não vieram à aula da semana passada. Retomei com eles, de forma resumida, os pontos principais do raciocínio por trás do argumento da torre, e depois instiguei eles sobre o que deveria acontecer quando um objeto é abandonado do alto do mastro de um barco em movimento, eles pareceram bem surpresos com a explicação, imagino que tenham gostado, depois deixei que respondessem sozinhos.

Na terceira questão a primeira dupla de estudantes me chamou novamente pedindo que eu ajudasse-as, pois não tinham entendido o enunciado expliquei a elas relembrando o caminho percorrido até construirmos as noções sobre força gravitacional, para enfim chegarmos na relação de proporção entre Força gravitacional, massa e distância ao quadrado. Percebi que conforme eu ia explicando as duas estavam acompanhando.

Enquanto tudo isso acontecia o grupo agitado de estudantes estava fazendo a atividade juntos, em determinado momento consegui escutar o seguinte: *não deixa o professor ver*. Eu, obviamente, estava vendo que eles estavam fazendo em grupo e, mais do que isso, utilizando os celulares para consulta.

Após uns 20 minutos de atividade um aluno do grupo agitado me chamou nas mesas para perguntar sobre a questão quatro, disse a ele que nessa questão ele deveria responder de acordo com o que ele acreditava depois de ter tido as nossas aulas. Ele me respondeu: *acho que o conhecimento evolui bastante através do senso comum.*

Nessa turma os estudantes responderam mais rápido ao questionário, porém a profundidade das respostas foi bem baixa. O grupo de estudantes que respondeu junto, todas as respostas das perguntas de 1 a 3 estavam iguais, apenas a resposta da questão 4 foi diferente.

Com isso sobrou bastante tempo para fazer o encerramento da unidade. Muito semelhante a outra turma, fiz uma síntese dos conteúdos estudados nas aulas anteriores, mas como eu tive mais tempo com eles falei bastante sobre os elementos de natureza da ciência que estavam por trás da discussão conteudista, como o aspecto colaborativo da evolução do conhecimento científico, resgatei os nomes de Descartes, Galileu e Bacon, como pessoas influentes no pensamento de Newton. Também das intensas disputas que acontecem tanto entre cientistas, como Newton e Hooke, geocentristas e heliocentristas quanto entre cientistas e instituições com a igreja católica. Por fim falei que de acordo com o que estudamos em sala de aula podemos concluir que a ciência não evolui através de observações empíricas, que o pensamento humano, a criação de hipóteses e muitas vezes as crenças dos cientistas que são responsáveis pelo progresso da ciência.

## 5 CONCLUSÕES

Eu escolhi cursar Licenciatura em Física quando era aluno do curso de Unidades de Conteúdo para Ensino Fundamental e Médio da UFRGS. Nesse curso, tive um professor muito marcante que me fez escolher esse caminho. Entrei em 2018 cheio de motivação e determinação, sabendo que era isso que queria fazer. Porém, no primeiro semestre, enfrentei minha primeira frustração: fui reprovado em Cálculo A.

Essa reprovação, diria eu, foi essencial para mim. Ela me fez aliviar um peso enorme das costas. Lembro-me de dizer a mim mesmo que não deixaria a graduação prejudicar minha saúde mental. Mesmo estudando diariamente das 8:30 da manhã até as 22 ou 23 horas da noite, sabia que isso não garantiria aprovação. A disciplina de Introdução à Física foi fundamental para estabelecer critérios de persistência no curso, e um deles era a crença em minha própria capacidade. Mesmo reprovando, nunca duvidei de minha habilidade. No entanto, nunca mais estudei tanto quanto no primeiro semestre e, desde então, nunca mais reprovei.

Completei o restante do curso sem me preocupar muito com o resultado no final de cada semestre. No entanto, na disciplina de Estágio de Docência em Física III, senti-me como se estivesse

no primeiro semestre novamente. Experimentei angústia, insegurança, incerteza, impotência e medo. Nas noites que antecederam minhas aulas, não consegui dormir.

Estudei bastante, li diversos artigos, consultei livros didáticos, olhei dissertações de mestrado profissional em ensino de física sobre o conteúdo de Gravitação e vários outros Trabalhos de Conclusão de Curso para conseguir estruturar uma sequência didática que estivesse de acordo com os interesses dos estudantes apontados no questionário sobre atitudes em relação à física e que também fosse prazeroso para lecionar. Tenho a paz de espírito que atendi a todos os pedidos deles em algum nível, assistimos vídeos, fizemos um experimento e focamos mais nos conceitos e menos nos cálculos. Por outro lado, testei meus limites planejando uma sequência didática pautada na história da ciência com JITT e IpC, foi extremamente trabalhoso e não teria conseguido estruturar um planejamento tão bom se não tivessem me ajudado, sou muito grato por isso.

No entanto, não consegui seguir completamente o planejamento, pois ao final de cada aula restava uma pergunta importante a ser respondida na próxima aula. A ideia inicial não era que todas as aulas estivessem estruturadas ao redor da história da ciência, todavia, conforme eu ia estudando mais sobre, ia fazendo muito sentido para mim. Sinto que negligenciei um pouco as turmas nesse aspecto, pois dizia a mim mesmo que estava contemplando tudo aquilo que foi pedido a mim nos questionários. Mesmo tendo mapeado um desinteresse por história e filosofia da ciência na nona observação, acreditei que eu poderia preparar um material mais envolvente para eles trazendo esses elementos. Sem dúvidas foi muito prazeroso preparar as aulas e eu realmente acreditei no material que preparei, tinha convicção de que era potencialmente significativo e estava bem organizado até de fato estar em sala de aula e perceber que eu poderia ter feito melhor.

Ao longo de toda a graduação, fiz avaliações dos desempenhos dos professores com base nos resultados pouco satisfatórios de muitos estudantes nas turmas, e desta vez não foi exceção. Reconheço que tomei uma decisão equivocada e não planejei a sequência didática mais adequada para as turmas sob minha responsabilidade. Lembro-me de ter me inspirado para propor algo completamente distinto do que observei durante as observações, pois recebi algumas ressalvas pedindo por abordagens de ensino distintas, embora nada muito específico. Durante a elaboração do modelo de queda livre na segunda aula, percebi que não considerei um conceito fundamental para aquele momento: verificar se os estudantes já possuíam conhecimento da equação horária da posição em função do tempo para um movimento retilíneo uniformemente variado. Eu deveria ter utilizado o EsM nessa aula e proposto uma tarefa prévia para eles.

Percebi na prática como é complexo organizar uma aula utilizando duas metodologias ativas distintas, como IpC e EsM. Foi extremamente difícil organizar os momentos da aula na

apresentação de slides, gostaria de ter tido a oportunidade de apresentar essa aula como microepisódio nas aulas do estágio, mas pela minha colocação no sorteio não consegui.

Outra dificuldade que tive foi em controlar a agitação das turmas e o uso contínuo dos celulares, somado a isso o desinteresse por grande parte dos estudantes foi um fator importante para minhas reflexões sobre o planejamento, pois de acordo com Ausubel um dos pressupostos para a ocorrência de aprendizagem significativa é a disposição dos estudantes em relacionar o novo material aos seus conhecimentos prévios. Sinto que fracassei em mostrar a eles o quão valioso é aprender física. Também foi extremamente difícil avaliar as turmas, tenho a certeza de que planejei uma atividade avaliativa coerente com as aulas, no entanto o desempenho de grande parte da turma foi muito abaixo do esperado. A única coisa que consigo pensar é que eu estava falando grego o tempo inteiro durante as aulas. Durante as aulas também percebi a importância de se manter o quadro organizado e não consegui manter o meu quadro organizado em nenhuma das aulas.

Apesar de todas as frustrações decorrentes do meu desempenho como professor, aprendi muito e estou motivado a crescer e melhorar minhas habilidades didáticas. Dediquei-me intensamente aos estudos, li amplamente e empenhei-me ao máximo para construir um planejamento didático potencialmente significativo, um plano no qual eu pudesse sentir confiança. Ao término do período de regência percebi como fez falta uma maior participação em projetos de fomento à docência durante a graduação.

Por fim, tenho a certeza de que sou uma pessoa diferente de quando entrei, descobri como gosto de aprender e descobri que realmente gosto de física e história da física e não só de matemática. Aprendi muito sobre educação, ensino de física e sobre a pessoa que quero ser e o papel que quero desempenhar para a construção de uma sociedade melhor, mais justa e igualitária. Portanto, se cometi erros durante o estágio foi porque tive a coragem de arriscar e acreditar na capacidade dos meus estudantes da turma 101 e 103.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013b. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>. Acesso em: 5 jun. 2023.

DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017. Disponível em: <http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404>. Acesso em: 21 jun. 2023.

KARAM, R. Considerações metodológicas sobre o uso de fontes primárias no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, p. 1067-1082, 2021.

MATTHEWS, M. R (ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014.

MARTINS, R. D. A. Introdução. *In*: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 21-34,

NASCIMENTO, M. M. O professor de Física na escola pública estadual brasileira: desigualdades reveladas pelo Censo escolar de 2018. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200187, 2020. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172020000100104&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100104&tlng=pt). Acesso em: 14 jun. 2023.

NOVAK, G. M. *et al.* **Just in Time Teaching: Blending active learning with web technology**. 1. ed, 1999.

RIBEIRO, B. S. *et al.* Just-in-Time Teaching para o Ensino de Física e Ciências: uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20220075, 2022. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172022000100612&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172022000100612&tlng=pt). Acesso em: 5 jun. 2023.

RIBEIRO, B. S.; PIGOSSO, L. T.; PASTORIO, D. P. Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. 2, p. 15, 2019. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26954/28602>.

F. DRUMMOND, J. M. H. *et al.* Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 99, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v32n1p99>. Acesso em: 17 jul. 2023.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Slides das aulas

#### Aula 1 - Apresentação da unidade didática - Turma 101

**Cronograma da aula de hoje**

1. As respostas de vocês ao questionário inicial;
2. O que pretendo fazer para atender aos anseios de vocês;
3. Um pouco sobre os modelos cosmológicos;

**Você gosta de física? Comente sua resposta.**

**Quem sou eu?**

*"Mais ou menos, se eu entendesse mais daí sim eu ia gostar"*

*"Não, e infelizmente é uma matéria precisa, porém eu não me dou bem com a matéria"*

*"Não, mas acredito que isso aconteça porque eu não entendo"*


*"Gosto muito, amo, mas tenho muita dificuldade"*

*"Eu gosto porque ela envolve astronomia, e também porque é legal"*

*"Sim, me dou muito bem com exatas"*

meu email: feshinoske@outlook.com

- Meu nome é Fernando, tenho 23 anos;
- Estou me formando em licenciatura em física;
- Tenho um cachorro chamado Zigg;
- Sou apaixonado por música;
- Gosto de jogar (LoL, CS)
- Na escola minha matéria favorita era história e sociologia;



**"Eu gostaria mais de física se..." Complete a sentença.**

**As respostas de vocês ao questionário**

*"Se eu tivesse mais facilidade, é mais legal gostar de algo quando você entende"*

*"se eu não tivesse que aguentar o frio de Porto Alegre"*

***"Se tivéssemos mais aulas diferentes, como: vídeos, experiências, etc"***

*"Se eu entendesse alguma coisa"*

*"Se eu entendesse"*

*"Não tivesse que calcular tudo"*

O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?

"Gosto do conceito, mas não gosto de calcular"

"Mais interessante: **conceito**. Menos interessante: **as contas e símbolos**;

"Eu acho legal e interessante coisas sobre a velocidade, de resto é tudo desinteressante"

"O funcionamento das coisas e os cálculos é o que tenho mais dificuldade"

"**Sobre a gravidade, não sei**"

"Pra ser sincera não acho nada interessante"

Você vê alguma utilidade em estudar física? Comente sua resposta

"Não, mas acho muito divertido e interessante"

"Para minha vida não, já que sou burro"

"Para mim sim, porque é usada em Engenharia mecânica"

"Sim, utilidade no trânsito e carros, velocidade"

"Porque usamos ela no dia a dia"

"Não vejo nenhuma utilidade em física"

"Sinceramente eu não sei"

Quais dificuldades você costuma ter ao estudar física?

Quais as utilidades da física?

Ela pode ajudá-los a tomar melhores decisões na vida, como por exemplo...

"Todas as dificuldades do mundo"

"Todas, essa matéria não entra na minha cabeça"

"Todas, números esquisitos  $\omega$  -"

"Todas, não entendo nada das explicações, mas acontece"

"Em tudo, não entendo nada"

Respeitar as leis de trânsito

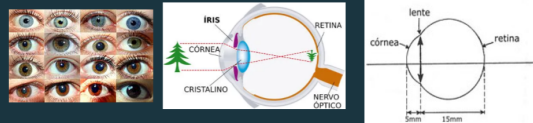
Quais as consequências de andar 5 km/h acima do limite de velocidade?



"Não há muitas, mas se eu fosse dizer algo, seria meu próprio foco"

O funcionamento dos olhos

Como a imagem é gerada no olho humano?







### Formação de opiniões fundamentadas em fatos

**Segunda-feira, 3 de julho, foi o dia mais quente já registrado na Terra, diz agência dos EUA**

Dados dos Centros Nacionais de Previsão Ambiental dos Estados Unidos apontam que a temperatura média global atingiu a marca de 17,01°C na data.

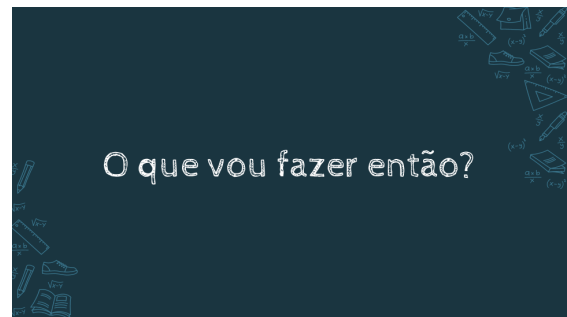
Por: g1  
04/07/2023 14:04 - Atualizado há 3 dias

**Qual o papel da física no enfrentamento às mudanças climáticas?**

Resumo: A física desempenha um papel crucial no entendimento das mudanças climáticas, desde a análise da radiação solar e terrestre até a modelagem da atmosfera e dos oceanos. A compreensão dos processos físicos permite a criação de modelos climáticos mais precisos, essenciais para prever o futuro do planeta e desenvolver estratégias eficazes de mitigação e adaptação.

### Sugestões de cursos pré-vestibular

Projeto Educacional Alternativa Cidadã - PEAC  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

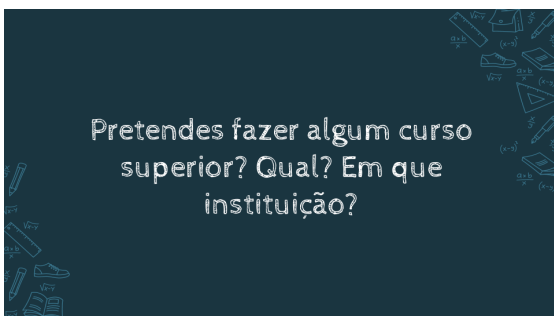


### Colocar robôs em Marte

Robô da Nasa descobre matéria orgânica em Marte

### Vamos fazer aulas diferentes. Diferente como?

- Vamos assistir vídeos;
- Fazer experimentos;
- Interagir mais uns com os outros através da metodologia "Instrução pelos Colegas"
- Se preparar para as aulas previamente (JITT);
- Explorar mais os conceitos;
- Fazer menos cálculos;



### Instrução pelos colegas

Metodologia ativa de ensino, proposta pelo professor Eric Mazur de Harvard;

```

    graph TD
      A[Exercício dialogado Breves] --> B[Questão Conceitual (alunos respondem para si)]
      B --> C1[Acertos < 50%]
      B --> C2[Acertos 50-70%]
      B --> C3[Acertos > 70%]
      C1 --> D[Professor revisita o conceito]
      C2 --> E[Discussão em pequenos grupos]
      C3 --> F[Estipulação]
      D --> E
      E --> G[Verificação]
      F --> G
      G --> H[Nota Questão]
      G --> I[Problema Tarefa]
  
```

"Sim, curso de TI, não conheço, mas gostaria de conhecer"

"Medicina veterinária"

"Psicologia"

"Design de moda ou farmacêutica na UFRGS"

"Direito na UFRGS/PUCRS"

"Curso tecnológico em investigação e perícia criminal. Não sei em qual instituição"

"Sim, engenharia mecânica"

"Curso de TI e/ou direito"

### Plickers

Answering 'A'

Answering 'B'

Answering 'C'

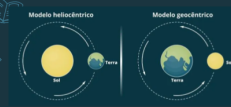
Answering 'D'

## Ensino sob medida (JiTT)

- Tarefa prévia para ser feita em casa (assistir um vídeo, ler algum texto, etc)
- Responder algumas questões sobre os conceitos abordados na tarefa
- Enviar para mim as dúvidas que surgiram ao realizar a tarefa
- Momento em aula focado em responder essas dúvidas;



## Qual conteúdo vamos ver afinal?



## Avaliação contínua

- Tarefas prévias (20 %)
  - Ensino sob medida*
- Participação nas aulas (60 %)
  - Instrução pelos colegas*
- Questionário final (20 %)
  - Questões sobre os conceitos estudados ao longo das aulas*

## Aula 2

### Uma nova teoria para os movimentos

Prof. Fernando Tagawa

### Questões em aberto

1. De acordo com os aristotélicos, os graves caem devido à tendência natural que têm em se dirigirem para o centro do universo. **Para onde, então, iriam, se a Terra não estivesse mais nesse centro?**
2. O universo aristotélico era dividido entre mundo supralunar e sublunar. **Se a Terra se move como os demais planetas, não é mais possível essa distinção; como superar isso?**

### Recapitulando

- Dois sistemas de mundo
- Geocentrismo x Heliocentrismo
- Metafísica x empiria
- Aristóteles x Platão
- A crença filosófica **e/ou** religiosa dos cientistas ditava em qual sistema acreditar e defender

### A crença de Galileu

Para Galileu o único jeito de resolver os problemas seria a partir da criação de **uma nova física**.

E sua principal motivação era fornecer suporte à teoria heliocentrista.



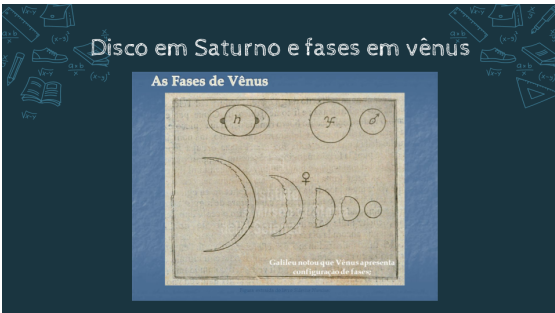
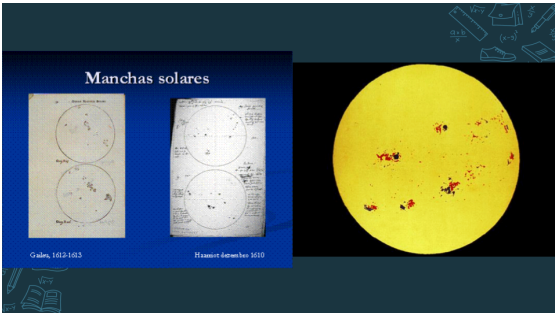
### Cronograma de hoje

1. Estabelecer as questões pertinentes em aberto;
2. Explorar as ideias propostas por Galileu sobre a queda dos corpos;
3. Realizar o experimento de queda livre para determinar o valor da aceleração natural de um corpo;

### Defensor do heliocentrismo

*"Como já afirmei antes, ter ele (Copérnico) continuado a afirmar, guiado pelas razões aquilo que as experiências sensíveis mostravam o contrário: porque eu não posso deixar de surpreender-me que ele tenha constantemente persistido em dizer que Vênus gire em torno do Sol, e que está afastado de nós mais de seis vezes num caso do que no outro, embora se mostre sempre igual a si mesmo, quando deveria mostrar-se quarenta vezes maior (GALILEI, 2001, p. 424. Grifo nosso)."*

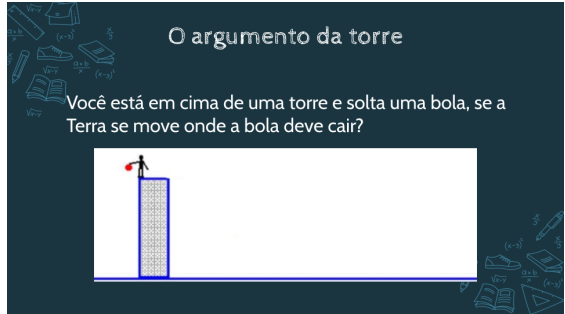
# Após a invenção do telescópio...



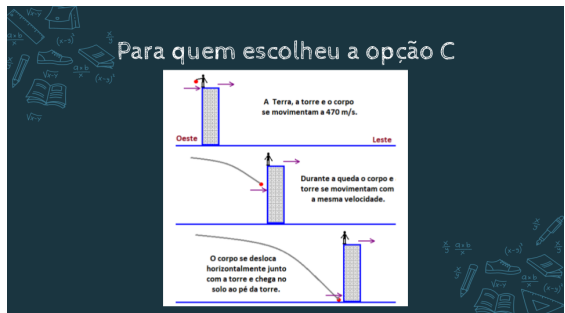
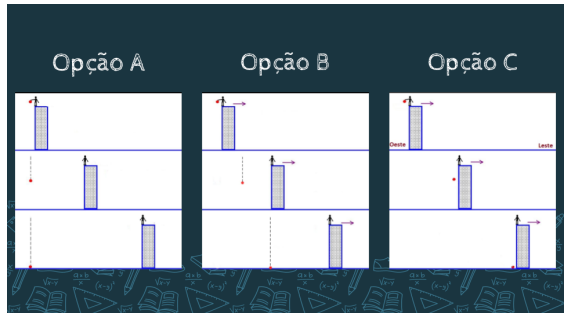
- ## Objetivos
- Superar os argumentos mecânicos contra o movimento da Terra (argumento da torre);
  - Dar suporte a teoria de Copérnico;

## Como alcançar isso? De acordo com Galileu...

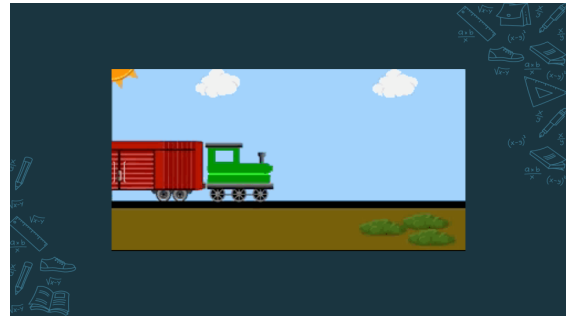
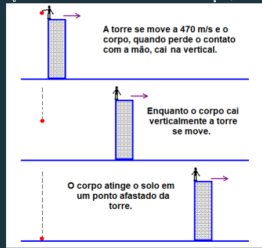
*"Não me parece ser este o momento oportuno para empreender a investigação da causa da aceleração do movimento natural, a respeito da qual vários filósofos apresentaram diferentes opiniões... Estas fantasias, e muitas outras, conviriam ser examinadas e resolvidas com pouco proveito (GALILEI, 1988, p.164)."*



## Como será a queda dessa bola?

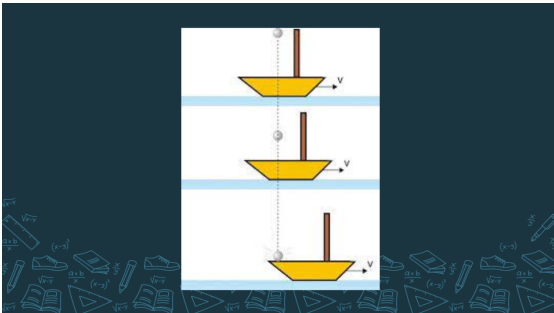
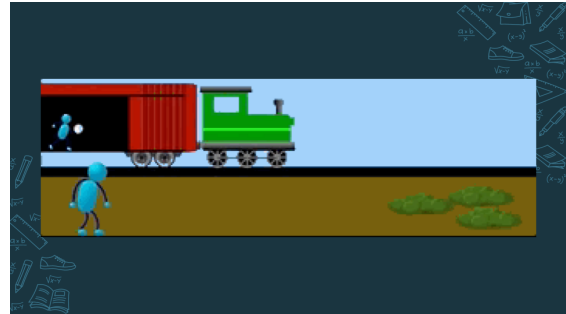


## Para quem escolheu a opção A e B



## O enunciado do argumento da torre

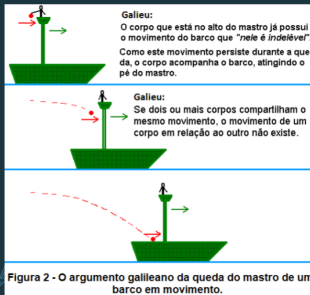
*Se um corpo é abandonado no topo de uma torre e supondo-se que a Terra gire conforme afirmou Copérnico, ele deveria atingir o solo a oeste da torre; como a experiência nos ensina que tal não acontece, a Terra está imóvel.*



## Não é "O que", é "Como"

Ou seja, no momento não queremos saber *o que* faz as coisas caírem

Queremos saber *como* elas caem



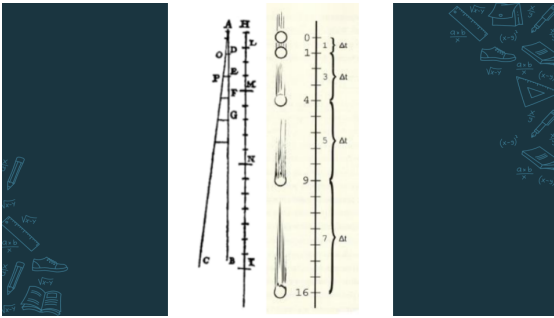
## O nascimento da cinemática

*É o ramo da física que se ocupa da descrição dos movimentos de pontos, corpos ou sistemas de corpos, sem se preocupar com a análise de suas causas.*

## O conceito de referencial

## O experimento mental de Galileu





### Recapitulando

- Galileu conseguiu fornecer evidências empíricas a teoria heliocêntrica utilizando o telescópio;
- O início de uma nova teoria para os movimentos;
- A queda dos graves se trata de um movimento uniformemente acelerado;
- A ideia de referencial;
- Nasce a cinemática;

## Aula 3

### A ideia crucial de Bacon

*A Gravidade deveria diminuir com a altura. Então, quanto mais distante da Terra, menor a tendência apresentada pelo corpo grave.*

### Ação à distância

Se a Lua se move em volta da Terra, *alguma coisa deveria mantê-la* nessa trajetória

*Assim como uma pedra presa por uma corda é mantida em seu movimento circular*

A Influência de um corpo sobre o outro quando estão separados por uma distância

### Uma possível pergunta de Newton

*Se a Gravidade diminui com a altura, até onde será que ela chega? Será que ela chega até a Lua?*

### A extrapolação para o movimento planetário

### Pergunta da tarefa

De acordo com o texto, como Newton entendia o movimento da Lua e os movimentos na Terra?

### Pergunta da tarefa

Após ler o texto, quais foram as mudanças propostas por Newton sobre a gravidade? Como ele descobriu essas mudanças?

### Algumas respostas

*Era como uma uma pedra amarrada num cordão segurado por uma pessoa. O puxão dado pela pessoa não deixava a pedra escapar e fazia ela girar e isso era igual ao que a Terra faz com a Lua.*

### Algumas respostas

*"Ele viu uma maçã caindo de uma árvore, veio à sua mente o pensamento de que devia haver alguma razão para a maçã cair no chão e não ir para cima. Assim ele chegou à conclusão de que existe uma força exercida pela TERRA que puxa todos os objetos para baixo".*

### Algumas respostas

*"Ele mudou a compreensão da gravidade, como uma propriedade dos corpos graves que buscavam o centro do universo para uma força que agia à distância entre os corpos.*

*Ele se baseou nas ideias de outros filósofos e cientistas da época, como Descartes e Bacon, para desenvolver suas próprias teorias. Ele também realizou cálculos complexos para chegar a conclusões que unificaram a física e explicaram tanto o movimento dos corpos na Terra (como a queda de uma maçã) quanto os movimentos celestes (como as órbitas dos planetas e a Lua)".*

### Algumas respostas

*"dois corpos atraem-se com força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade"*

*Nessa resposta vemos como Newton entendia as relações de forma matemática"*

Relação entre a força da gravidade, as massas e a distância

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

$$F \propto m_1 m_2$$

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

A respeito da lei da gravitação universal, marque a alternativa verdadeira:

I - A equação da lei da gravitação universal prevê tanto uma força de atração como uma de repulsão.

II - Se a distância entre dois objetos for triplicada, a força gravitacional entre eles será nove vezes menor.

III - Se as massas dos planetas do sistema solar sofressem variações consideráveis, nada mudaria, pois a força gravitacional depende apenas da massa do Sol.

IV - A força de atração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa os dois corpos.

- a) Todas as alternativas estão corretas  
b) Apenas a IV está correta  
c) II e IV estão corretas  
d) Todas as afirmativas estão erradas

(CESGRANRIO) A força da atração gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os dois corpos. Assim, quando a distância entre um cometa e o Sol diminui da metade, a força de atração exercida pelo Sol sobre o cometa:

- a) diminui da metade;  
b) é multiplicada por 2;  
c) é dividida por 4;  
d) é multiplicada por 4;

Sabendo que a força gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao produto da massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre esses corpos, qual será o valor da força gravitacional quando a distância entre os dois corpos quadruplicar?

- a)  $F' = F$   
b)  $F' = \frac{F}{4}$   
c)  $F' = \frac{F}{4}$   
d)  $F' = \frac{F}{16}$

Sabendo que a intensidade da força gravitacional entre a Terra e a Lua é  $F$ , qual seria seu novo valor de intensidade caso triplicassem a massa da Terra e a massa da Lua, mas mantivessem a distância?

- a)  $F' = 9F$   
b)  $F' = F$   
c)  $F' = \frac{F}{9}$   
d)  $F' = \frac{1}{F}$

### Pergunta da tarefa

Quais os pontos que você mais gostou no texto? E os pontos que menos gostou?

### Algumas respostas

*Eu não gostei de nada*

*Gostei muito da parte que conta como Newton ficou pensando em como resolver o problema e que não aconteceu porque a maçã caiu na cabeça dele*

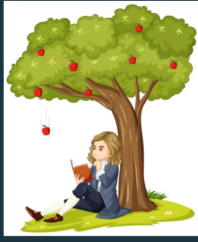
*Eu gostei dos exemplos e como foi escrito*

### Algumas respostas

*Os que mais gostei foram esses:*

*-O processo gradual de unificação da física ao longo do tempo, com diferentes pensadores contribuindo para a compreensão da gravidade.  
-A maneira como Newton adotou e desenvolveu ideias de outros filósofos para criar suas próprias teorias inovadoras.  
Não tive pontos que menos gostei.*

Uma maçã caindo de uma árvore na Terra



E em Júpiter?

Valores aproximados

Raio de Júpiter  $\approx$  11 vezes o da Terra

Massa de Júpiter  $\approx$  318 vezes o da Terra

Vamos para o quadro!

**APÊNDICE B - Questões do Peer Instruction**

1. Considere que o valor de  $g$  na superfície da Terra é  $10 \text{ m/s}^2$ . Em um ponto a uma altura igual ao raio da Terra o valor de  $g$  será:

- a) Zero
- b) 4 vezes menor
- c) Metade do valor na superfície
- d) Ainda será  $10 \text{ m/s}^2$

2. (CESGRANRIO) A força da atração gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os dois corpos. Assim, quando a distância entre um cometa e o Sol diminui da metade, a força de atração exercida pelo Sol sobre o cometa:

- a) diminui da metade;
- b) é multiplicada por 2;
- c) é dividida por 4;
- d) é multiplicada por 4;

3. Sabendo que a força gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao produto da massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre esses corpos, qual será o valor da força gravitacional quando a distância entre os dois corpos quadruplicar?

- a)  $F' = F$
- b)  $F = \frac{F'}{4}$
- c)  $F' = \frac{F}{4}$
- d)  $F' = \frac{F}{16}$

4. Sabendo que a intensidade da força gravitacional entre a Terra e a Lua é  $F$ , qual seria seu novo valor de intensidade caso triplicassem a massa da Terra e a massa da Lua, mas mantivessem a distância?

- a)  $F' = 9F$
- b)  $F' = F$
- c)  $F' = \frac{F}{9}$
- d)  $F' = \frac{1}{F}$

5. A respeito da lei da gravitação universal, marque a alternativa verdadeira:



I - A equação da lei da gravitação universal prevê tanto uma força de atração como uma de repulsão.

II - Se a distância entre dois objetos for triplicada, a força gravitacional entre eles será nove vezes menor.

III - Se as massas dos planetas do sistema solar sofressem variações consideráveis, nada mudaria, pois a força gravitacional depende apenas da massa do Sol.

IV - A força de atração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa os dois corpos.

a) Todas as alternativas estão corretas

b) Apenas a IV está correta

c) II e IV estão corretas

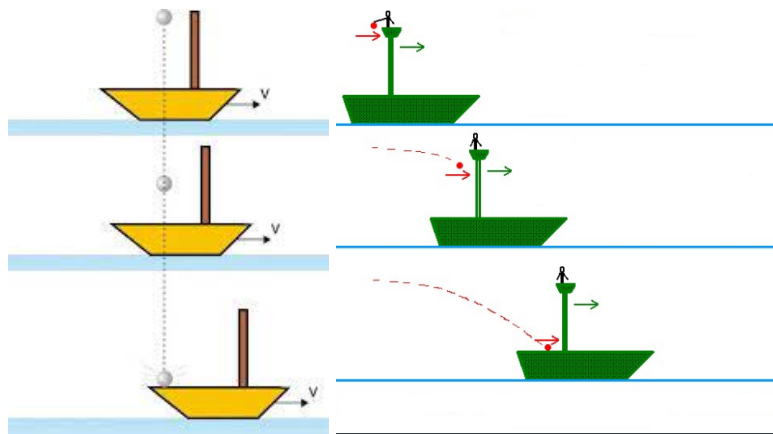
d) Todas as afirmativas estão erradas

## APÊNDICE C - Questionário conceitual final

### Avaliação final – Questionário conceitual Instituto Estadual Rio Branco – Física – Professor Fernando Tagawa

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

1. Na primeira aula vimos os modelos geocêntrico e heliocêntrico do mundo que foram propostos por Aristóteles e Copérnico, respectivamente. Explique com suas palavras as principais características de cada modelo (geocêntrico e heliocêntrico).



2. Na aula 2 estudamos alguns aspectos que contribuíram para a aceitação do modelo heliocêntrico, e discutimos o argumento da torre. Vimos também um exemplo semelhante em que soltamos um objeto de cima do mastro de um barco em movimento no mar. De acordo com o que foi visto na aula explique com suas palavras as duas situações descritas nas imagens abaixo de acordo com as teorias geocêntrica e heliocêntrica

3. Na aula 3 discutimos como acontece a relação entre a força gravitacional, o produto das massas e a distância entre os planetas e os corpos em geral. A expressão nos permite prever o comportamento da força gravitacional quando ocorrem mudanças nas massas e na distância entre os corpos que estão interagindo.

a) Escreva com as suas palavras o que você entendeu sobre o conceito de força gravitacional e como ocorre as relações de proporcionalidade entre massa e distância.

b) A força gravitacional entre dois objetos no espaço, de massas  $M$  e  $m$ , separados por uma distância  $d$ , é  $F$ . Caso a massa  $M$  seja dobrada (aumenta duas vezes) e a distância entre os elementos quadruple (aumenta 4 vezes), podemos dizer que a nova força de interação gravitacional  $F'$  é?

4. A todo momento em nossas aulas o fio condutor dos conteúdos foi a história da ciência. Depois dessas aulas, como você entende o processo de evolução do conhecimento científico?

**APÊNDICE D - Questões da tarefa de leitura**

1. Após ler o texto, quais foram as mudanças propostas por Newton sobre a gravidade? Como ele descobriu essas mudanças?
2. De acordo com o texto, como Newton entendia o movimento da Lua e os movimentos na Terra?
3. Quais os pontos que você mais gostou no texto? E os pontos que menos gostou?
4. Após ler o texto, o que você teve mais dificuldades ou dúvidas para entender?

## ANEXOS

### ANEXO I - Tarefa de leitura prévia a aula 3

#### Uma nova proposta sobre a Gravidade

Vimos nas últimas duas aulas que os copernicanos (heliocentristas) tiveram alguns problemas para enfrentar. O “argumento da torre” foi um deles.

A necessidade de uma Física compatível com o modelo Heliocêntrico foi outro problema. Nesse modelo não fazia sentido dividir o mundo em sublunar e supralunar. Além disso, as observações astronômicas indicavam que tudo era muito parecido. Se não havia dois mundos distintos, não havia sentido que existissem duas Física diferentes, como se pensava na Antiguidade.

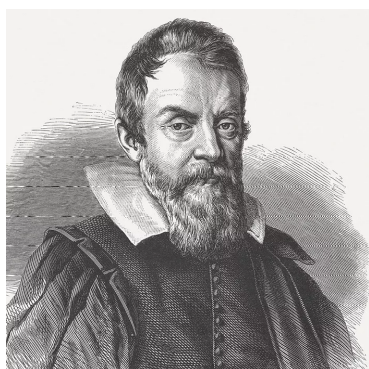


Figura 1: Galileu Galilei

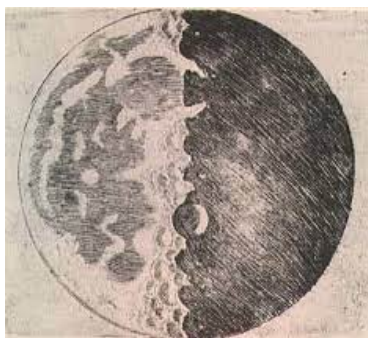


Figura 2: desenho da Lua realizado por Galileu

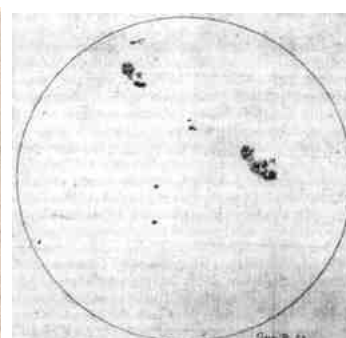


Figura 3: desenho do Sol realizado por Galileu

A “unificação da Física” ocorreu aos poucos, na época em que viveram personagens como René Descartes, Galileu Galilei e Isaac Newton. Essa unificação se relacionou a certos conhecimentos como uma nova compreensão do que seriam os movimentos dos corpos e a um novo entendimento sobre a gravidade.

Como vimos, na Antiguidade, *considerava-se que a gravidade era uma propriedade dos corpos graves. Eles buscavam o centro do universo, no qual estava a Terra. Não eram atraídos por ela.*

Quase dois mil anos depois de Aristóteles, René Descartes, um pensador francês adepto do heliocentrismo, propôs outra explicação. Para Descartes, os corpos caíam porque eram empurrados em direção a Terra por uma correnteza de um elemento invisível, o éter<sup>7</sup>. Isso foi no século XVII (1601-1700). Havia, portanto, certo contexto de questionamento à visão de Gravidade como propriedade de um corpo.

<sup>7</sup> Fonte: [https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/wp-content/uploads/2021/08/retrogrademars03\\_tezel\\_big-1.jpg](https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/wp-content/uploads/2021/08/retrogrademars03_tezel_big-1.jpg).

O pensador inglês Isaac Newton estava inserido nesse contexto de rejeição à Gravidade aristotélica. Newton aceitava a nova explicação proposta por Descartes para a Gravidade quando, ainda jovem, resolveu estudar mais sobre esse assunto. Depois de muitas leituras, estudos e reflexões, acabou mudando de ideia.

Foi muito importante para Newton uma ideia que havia sido proposta pelo filósofo Francis Bacon alguns anos antes: *a Gravidade deveria diminuir com a altura*. Então, quanto mais distante da Terra, menor a tendência apresentada pelo corpo grave.

Com base nessa proposta, Newton pode ter pensado... se a Gravidade diminui com a altura, até onde será que ela chega? Será que ela chega até a Lua? Vamos deixar essa pergunta aí parada um pouquinho...

Naquela mesma época, Descartes havia estudado o movimento circular de uma pedra amarrada num cordão segurado por uma pessoa. O que impedia que a pedra escapasse, nesse caso, era o puxão que a pessoa dava, mantendo a pedra na sua trajetória. Newton sabia desse estudo de Descartes, que o ajudaria muito a resolver uma questão importante. Se a Lua se movia em torno da Terra, algo deveria manter a Lua nessa trajetória, sem deixar que ela escapasse... Era como se a Lua fosse escapar da sua trajetória, mas algo sempre a puxasse em direção à Terra, mantendo o seu movimento.



Figura 4: Isaac Newton

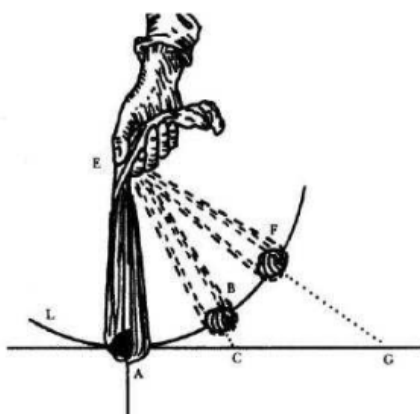


Figura 6: representação para o movimento da pedra amarrada.



Figura 6: René Descartes

Voltando, então, àquela pergunta, Newton usou os resultados dos estudos de Descartes. Newton pensou que a força da Gravidade agia à distância sobre a Lua, tal como a mão da pessoa que puxava a pedra amarrada. Depois de muito esforço e cálculos complicados, ele propôs o seguinte: a força da “Gravidade” que atraía para a Terra uma maçã solta no ar era justamente a força que mantinha a Lua em seu movimento, fazendo com que ela sempre “caísse” em direção a Terra e

não saísse pela tangente à sua trajetória. Essa força, segundo os cálculos de Newton, era proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os corpos.

O que Newton estava dizendo representava uma mudança muito grande no modo como se compreendia a Gravidade. Ela não era mais uma propriedade do corpo. Passava a ser, então, *uma força que agia à distância sobre um corpo*. Para propor isso, Newton precisou muito da colaboração da Alquimia que ele há muito tempo estudava. A Alquimia aceitava ação à distância, mas a Física da época de Newton não.

A proposta de Newton ajudou a *unificar a Física*, pois algo que acontecia na Terra (queda de uma maçã, por exemplo) e com a Lua (seu movimento em torno da Terra) poderia ser explicado da mesma forma. Newton foi mais além nessa unificação, algum tempo depois, quando tentou responder a uma questão importante naquela época.



Figura 7: Johannes Kepler

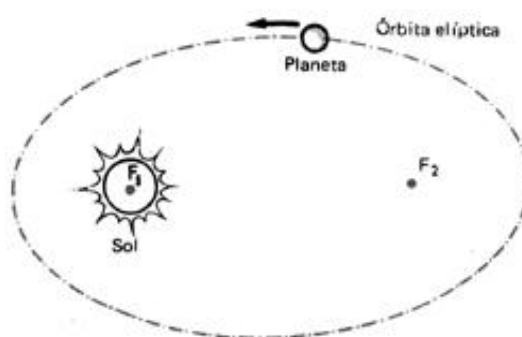


Figura 8: Órbita elíptica

O astrônomo Johannes Kepler havia percebido que o sistema de Copérnico com as órbitas circulares não dava muito certo. As trajetórias dos planetas não podiam ser explicadas assim. Kepler propôs, então, que as órbitas fossem elípticas, com o Sol em um dos focos.

Mas que tipo de força poderia manter os planetas nesse tipo de trajetória? Newton realizou cálculos a respeito desse problema e chegou à conclusão de que uma força atrativa entre o Sol e o planeta, proporcional ao inverso do quadrado da distância entre eles, daria esse resultado.

Então, sua conclusão foi que todos os corpos se atraíam segundo essa relação. A chamada “Gravitação Universal” abriu caminho para a consolidação de uma Física unificada.

Dá para perceber, assim, que todo esse conhecimento não dependeu somente de uma pessoa e não apareceu de repente, mas sim com muito estudo e cooperação. Achar que uma maçã caiu na cabeça de alguém e aí tudo foi entendido por ele, sozinho, rapidamente... não dá, não