



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA

**FÍSICA DE PARTÍCULAS A PARTIR DO DIÁLOGO: UMA PROPOSTA  
DIDÁTICA PARA O 1º ANO DO ENSINO MÉDIO NOTURNO**

Lucas dos Santos Althoff

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física – área de concentração “Física na Educação Básica”.

Orientador:  
Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Brasília - DF  
Janeiro, 2019

**FÍSICA DE PARTÍCULAS A PARTIR DO DIÁLOGO: UMA PROPOSTA  
DIDÁTICA PARA O 1º ANO DO ENSINO MÉDIO NOTURNO**

Lucas dos Santos Althoff

Orientador:  
Olavo Leopoldino da Silva Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física – área de concentração “Física na Educação Básica”.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

---

Prof. Dr. Ivan Soares Ferreira

---

Prof. PhD. Nelson Studart Filho

Brasília - DF  
Janeiro, 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo autor.

AL933f	Althoff, Lucas dos Santos <b>Física de partículas a partir do diálogo: uma metodologia de ensino para o 1º ano do ensino médio noturno / Lucas dos Santos Althoff; orientador Olavo Leopoldino da Silva Filho. -- Brasília, 2018.</b> 155 p.  <b>Dissertação (Mestrado - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) -- Universidade de Brasília, 2019.</b>  <b>1. Ensino de Física. 2. Física de Partículas. 3. Metodologia de Ensino. 4. Ensino Médio Noturno 5. Aprendizagem Significativa 6. Pensamento de Ordem Superior. I. Leopoldino da Silva Filho, Olavo, orient. II. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.</b>
--------	---

*“Para Dom e Laura,*

*duas crianças que representam o futuro de  
minha família e da comunidade escolar do  
CED Fercal que me recebeu com tanto  
carinho.”*

## AGRADECIMENTOS

Dedico especial agradecimento à minha companheira, Kyll Nunes, que esteve ao meu lado em todos os momentos durante a empreitada que foi desenvolver este trabalho. Sem dúvida, sua visão e pensamento crítico foram estimuladores para mudar meu olhar para o mundo e ser capaz de chegar até aqui.

Aos meus queridos familiares minha mãe, Vera Lopes, meu pai, Mario César, meu irmão e irmã que desde que me entendo por gente não cansaram de ouvir meus questionamentos e reflexões, as verdadeiras sementes que se concretizaram com este trabalho.

Ao meu orientador Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho pela paciência, disposição, dedicação e suas sempre significativas recomendações ao longo do processo de construção desta Dissertação.

À equipe de professores do MNPEF, pelos saberes, conhecimentos e apoio transmitido durante as aulas. E claro, pela capacidade técnica de consolidar um espaço de produção científica fundamental para nossa cidade e país, do qual tenho orgulho de ter feito parte.

Aos meus colegas de Mestrado pelo convívio e compartilhamento de ideias.

Aos alunos do Centro Educacional Fercal, pela contribuição para o desenvolvimento deste trabalho com sua recepção sempre atenciosa. Também à equipe de professores, da direção e supervisão da escola pelo apoio fundamental para a condução do trabalho prático.

À Universidade de Brasília pelo apoio administrativo e pela oportunidade de formação.

À CAPES pelo auxílio financeiro oferecido ao programa de pós graduação do qual participo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001)

A todos acima citados e aqueles que não o foram, mas que também compartilharam de momentos cruciais em minha caminhada,

Minha mais profunda gratidão!

Axé!

Amém!

## Resumo

### FÍSICA DE PARTÍCULAS A PARTIR DO DIÁLOGO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O 1º ANO DO ENSINO MÉDIO NOTURNO

Lucas dos Santos Althoff

Orientador:

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho foi concebido para oferecer alternativas pedagógicas ao professor da educação básica, e incentivá-lo a construir episódios de ensino que explorem a Física de Partículas para alunos do 1º Ano do Ensino Médio no turno Noturno. Para tanto, construímos uma Sequência Didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e no Programa de Filosofia para Crianças e Adolescentes de Matthew Lipman construindo o Produto Educacional com base na Teoria da Transposição Didática de Chevallard. Investigam-se, neste trabalho, evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa de conceitos introdutórios de Física de Partículas promovidos por uma Proposta Didática centrada na construção de conhecimento a partir do diálogo. Nesta perspectiva, a turma é transformada em uma comunidade de investigação e a abordagem em sala de aula envolve estratégias diversificadas, como a leitura reflexiva de textos, jogos pedagógicos, a produção de cartazes o desenvolvimento de pesquisas e a participação em palestra. A metodologia da Sequência Didática foi concebida com o intuito de favorecer conjuntamente o Pensamento de Ordem Superior, formado pelo pensamento crítico, criativo e de cuidado dos alunos, e a Aprendizagem Significativa, envolvendo conceitos de Física de Partículas. A pesquisa foi aplicada em uma turma de 1º ano do Ensino Médio da rede pública na região administrativa da Fercal, a 25 km do centro de Brasília – DF. Concluiu-se dos resultados da aplicação que o diálogo funciona como um veículo para desenvolver o pensamento dos alunos e concomitantemente favorecer a Aprendizagem Significativa de conceitos de Física de Partículas. A Proposta Didática também identificou evidências de intensificação da motivação dos alunos do Ensino Médio Noturno para com as aulas de Física.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Física de Partículas, Metodologia de Ensino, Ensino Médio Noturno, Pensamento de Ordem Superior, Aprendizagem Significativa.

Brasília  
Dezembro, 2018

## **Abstract**

### **PARTICLE PHYSICS FROM THE DIALOGUE: A TEACHING PROPOSAL FOR EVENING HIGH SCHOOL**

Lucas dos Santos Althoff

Supervisor:

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

Abstract of **master's thesis** submitted to **Programa de Pós-Graduação** of the University of **Brasília** in the **Professional Master's** Program in Physics Teaching (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the Master's Degree in Physics Teaching.

This work was conceived to offer pedagogical alternatives to the basic education teacher, and to encourage him to construct teaching episodes that explore Particle Physics for students of the 1st Year of High School in the Evening shift. We approached the underlying concepts using **David Ausubel's** Meaningful Learning and **Mathew Lipman's** Philosophy Program for Children and Adolescents, making use also of **Chevallard's** Theory of Didactic Transposition. We investigate, in this work, evidences of the occurrence of Meaningful Learning of introductory concepts of Particle Physics promoted by a Didactic Proposal focused on the construction of knowledge from the dialogue. The present approach transforms the class into a Research Community and involves diverse strategies, such as reflexive reading of texts, pedagogical games, poster production, research development and participation in lectures. The methodology aimed at favoring Higher Order Thinking, formed by **Lipman's** critical, creative and care modes of thinking, and **Ausubel's** Meaningful Learning with the use of Particle Physics concepts. The research was applied to a 1st year public high school students in the Fercal administrative region, 25 km from the center of **Brazil's** capital city, **Brasília – DF**. It is concluded from the results of the application that the dialogue functions as a vehicle to develop students' thinking in general and contributed to the Meaningful Learning of Particle Physics concepts. The Didactic Proposal also identified evidences of intensification in the motivation of the students of the evening High school with respect to physics classes.

**Keywords:** Physics education, Particle physics, Learning Methodology, Evening High School, High Order thinking, Meaningful Learning.

**Brasília - DF**  
December, 2018

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura normativa curricular Base Nacional Curricular Comum (BNCC)..	14
Figura 2: Mapa conceitual apresentando os conteúdos do currículo de ciências associados à física de acordo com o BNCC. Em vermelho estão enfatizados aqueles tópicos associados diretamente à Física de Partículas.....	16
Figura 3: Estrutura do referencial teórico separada em dois níveis e três dimensões, cada qual com seu marco teórico.....	27
Figura 4: Pressupostos básicos da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	30
Figura 5: Processo de subsunção por meio do princípio de assimilação, onde a nova informação se atrela ao conceito da estrutura cognitiva para produzir um novo significado.....	31
Figura 6: Mapa conceitual que sintetiza os conceitos básicos da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	32
Figura 7: O Pensamento de Ordem Superior como a confluência das três dimensões do pensamento.....	33
Figura 8: Trajetória entre o Saber Sábio (saber científico) ao Saber Ensinado (saber escolar).....	42
Figura 9: A cadeia da Transposição Didática Geral que inclui a Transposição do conhecimento (de saberes) e das práticas sociais.....	44
Figura 10: Respostas à questão número 1 do pré-teste sobre a concepção de átomo.....	68
Figura 11: Respostas à questão número 3 do pré-teste sobre classificação dos átomos.....	68
Figura 12: Respostas à questão 5 do pré-teste sobre a estrutura do átomo.....	68
Figura 13: Respostas à questão 2 do pré-teste sobre a diferenciação entre átomo e partícula elementar.....	69
Figura 14: Respostas à questão 5 do pré-teste sobre a manipulação ou detecção de partículas elementares. A) Cortando em pedaços menores até chegar na partícula B) Visualizando a partícula elementar em um microscópio C) Quebrando as partículas por colisão, usando muita energia.....	70
Figura 15: Respostas à questão 10 sobre partículas elementares.....	70
Figura 16: Respostas à questão 11 sobre partículas elementares.....	71
Figura 17: Respostas à questão 6 sobre anti-matéria.....	71
Figura 18: Respostas à questão 12 sobre a formação das partículas.....	72
Figura 19: Respostas à questão 13 sobre a padronização dos tipos de partículas que compõe os objetos cósmicos.....	72
Figura 20: Respostas à questão 14 sobre a origem da matéria.....	72
Figura 21: Respostas à questão 9 sobre radiação.....	73
Figura 22: Respostas à questão 7 forças fundamentais.....	73
Figura 23: Seção de Leitura Reflexiva. Comunidade de Investigação em formato de U fazendo a leitura e o debate em grupo.....	76
Figura 24: Exemplo das atividades desenvolvidas pelos alunos durante a sequência didática.....	82



Figura 25: (A) Mural com cartazes sobre a linha do tempo do Universo e a formação das matéria confeccionado pelos alunos. (B) Figura criada por alunos na pesquisa sobre ciclo estelar. ....	83
Figura 26: (A) Figura criada por aluno na pesquisa sobre Partícula Elementar. (B) Cartaz criado por aluna utilizado em apresentação oral. ....	85
Figura 27: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste nas questões sobre o átomo. ....	86
Figura 28: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre a classificação dos átomos. ....	87
Figura 29: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre a manipulação ou detecção de partículas elementares. A) Cortando em pedaços menores até chegar na partícula B) Visualizando a partícula elementar em um microscópio C) Quebrando as partículas por colisão, usando muita energia. ....	87
Figura 30: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre partículas elementares. ....	88
Figura 31: Comparação entre pós-teste e pré-teste sobre radiação. ....	89
Figura 32: Comparação entre pós-teste e pré-teste em questões que envolvem a noção de matéria, formação e estrutura do Universo. ....	89
Figura 33: Opinião dos alunos acerca de sua participação nas atividades e Seções de Leitura Reflexiva. ....	92
Figura 34: Diagrama V simplificado. ....	129
Figura 34: Imagem de raio-X tirada por Wilhelm Röntgen em uma aula pública em 23 de janeiro de 1896. ....	140
Figura 35 - Rastros de partículas em uma placa fotográfica. ....	147

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Perfil da Sequência Didática. ....	53
Quadro 2: Bloco 1 de Atividades - Composição da Matéria e suas dimensões. ....	55
Quadro 3: Bloco 2 de Atividades – Entendendo a origem das coisas e suas interações. ....	58
Quadro 4: Bloco 3 de Atividades – Modelo Padrão e o Conhecimento como evolução. ....	59
Quadro 5: Ações filosóficas voltadas para desenvolver o diálogo-crítico. ....	63
Quadro 6: Opinião dos alunos acerca da compreensão dos conhecimentos trabalhados na Sequência Didática. ....	91
Quadro 7: Perguntas realizadas na autoavaliação acerca da participação do aluno na Sequência Didática. ....	91

# Sumário

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
Sumário.....	x
Capítulo 1 Introdução.....	12
1.1 Hipóteses e questão de pesquisa.....	18
1.2 Objetivos: geral e específico.....	18
1.3 Estrutura do trabalho.....	19
Capítulo 2 Revisão da Literatura.....	20
2.1 Física de partículas no Ensino Médio.....	20
2.2 O uso de literatura como recurso didático para o ensino de física.....	23
Capítulo 3 Referencial Teórico.....	26
3.1 Introdução.....	26
3.2 Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel.....	28
3.3 Filosofia para Crianças e Adolescentes de Matthew Lipman.....	31
3.3.1 Pontos de contato entre o ensino de Física e de Filosofia.....	38
3.4 Transposição didática de Yves Chevallard.....	39
3.4.1 Níveis do saber.....	40
3.4.2 Processos de Transposição.....	41
3.4.3 Características de sobrevivência do saber.....	42
3.4.4 Regras da Transposição Didática.....	43
3.4.5 Práticas Sociais de Referência e a Transposição Didática Geral.....	44
3.4.6 Obstáculos à Transposição Didática de Física de Partículas.....	44
Capítulo 4 Fundamentação e Estrutura da Proposta Didática.....	46
4.1 Introdução.....	46
4.2 Estrutura da Proposta Didática.....	46
4.2.1 Guia da Sequência Didática.....	47
4.2.2 Produto Educacional.....	47
4.2 Fundamentos e aplicação da Proposta Didática.....	48
4.3 Perfil da Sequência Didática.....	53
4.4 Roteiro da Sequência Didática.....	54
4.4.1 Bloco 1 de Atividades.....	55
4.4.2 Bloco 2 de Atividades.....	57
4.4.3 Bloco 3 de Atividades.....	59
4.5 Organização dos conceitos e habilidades trabalhados na Sequência Didática.....	61
4.5.1 Abordagem conceitual da Sequência Didática.....	62
4.5.2 Perspectivas transversais da Sequência Didática.....	63
Capítulo 5 Relato de experiência e discussão.....	66
5.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....	66
5.2 Resultado e análise do pré-teste.....	67
5.1.1 Análise por campo de conhecimento.....	67
5.1.2 Impacto do pré-teste no material educacional.....	74
5.3 Relato de aplicação da Sequência Didática.....	75

5.3.1 Adversidades durante a aplicação da Sequência Didática.....	75
5.3.2 Relato sobre as Seções de Leitura Reflexiva.....	76
5.3.3 Relato sobre aplicação das Atividades Pedagógicas .....	79
5.4 Avaliação da Sequência Didática .....	85
5.4.1 Comparação pós-teste e pré-teste .....	85
5.3.2 A Autoavaliação e a percepção dos alunos .....	90
Capítulo 6 Considerações finais.....	95
6.1 Sugestões de estudos futuros .....	97
6.2 Potenciais melhorias .....	97
Referências Bibliográficas .....	99
APÊNDICES .....	102
Apêndice A Produto Educacional .....	102
Materiais para Seções de Leitura Reflexiva.....	102
Textos Reflexivos - Laura e o Universo.....	102
Texto 1 - Laura e o Universo.....	102
Texto 2 – Sopa Cósmica.....	105
Texto 3 – Descobertas e visões de Laura .....	108
Planos de Discussão .....	110
Plano de Discussão 1 - Laura e o Universo.....	110
Plano de Discussão 2 – Sopa Cósmica .....	114
Plano de Discussão 3 – Descobertas e visões de Laura.....	118
Atividades Pedagógicas.....	122
Atividades 1 - Mergulhando dentro dos tijolos da natureza.....	122
Atividade 2 - Fotografando Átomos.....	124
Atividade 3 – Ideias e modelos sobre os átomos.....	127
Atividade 4 – Dinâmica de revisão: Enforcando a revisão .....	134
Atividade 5 – Ondas e matéria .....	136
Atividade 6 – Classificando os átomos .....	139
Atividade 7 – Mergulhando nas partículas subatômicas .....	143
Atividade 8 – Partículas elementares: Aonde estão os Quarks?.....	145
Atividade 9 – Como descobrir Partículas Elementares? .....	147
Ferramentas de Avaliação .....	149
Pré-teste .....	149
Pós-teste.....	151
Autoavaliação .....	153
Mapa de Perguntas e Reflexões.....	155

# Capítulo 1

## Introdução

A sociedade contemporânea está em acelerada mudança, em particular pelas relações estabelecidas entre a tecnologia e a ciência de base. Estamos diante de revoluções tecnológicas que abrangem o globo e alteram a forma como vivemos o dia-a-dia. Aqueles alienados dessas mudanças e de seus efeitos não participarão ativamente na solução dos problemas característicos do nosso tempo, bem como não poderão contribuir com o processo contínuo de construção do conhecimento.

Para que o cidadão compreenda os elementos do mundo globalizado de hoje e de amanhã, ou seja, uma educação para o século XXI, é imprescindível recorrer a uma educação integral e a um ensino de Ciência, de Física especificamente, que favoreça o pleno desenvolvimento do estudante e o aprendizado dos domínios atuais do conhecimento.

Do ponto de vista do ensino, as curiosidades fundamentais da humanidade como a composição da matéria, a origem das coisas e as interações da natureza são chaves para a construção deste novo conhecimento. Por outro lado, a fronteira do conhecimento é rica em questionamentos filosóficos; assim, o resgate das perguntas e reflexões fundamentais da humanidade abrem oportunidades para aprender a pensar com profundidade, além de modernizar o saber explorado em sala de aula.

Deste modo, propomos neste trabalho uma alternativa educacional para o ensino-aprendizagem de tópicos de Física de Partículas, com conteúdo acessível aos alunos do 1º Ano do Ensino Médio noturno, desenvolvido através do diálogo e da aprendizagem significativa de conceitos, de que falaremos no próximo capítulo.

De fato, a maior parte dos professores ainda adere a um ensino de Física baseado na memorização de informações de modo fragmentado, desconectados do contexto dos alunos. A alternativa educacional proposta neste trabalho se contrapõe a um ensino representado pelo uso exclusivo de aulas explicativas centradas na narrativa do professor e na resolução de exercícios voltados a testar a memorização de equações e definições. Contrapõe-se, também, às avaliações que se limitam a perscrutar o conhecimento objetivo, desmerecendo o saber subjetivo e o desenvolvimento do discurso racional dos alunos.

A perspectiva tradicional, da qual abrimos mão, desfavorece a autonomia, o desenvolvimento do pensamento crítico-criativo-reflexivo e a aprendizagem significativa de conceitos. O currículo tradicional de Física, por sua vez, se limita à divisão clássica da Física em Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo (MONTEIRO, 2009).

A desatualização das abordagens em sala de aula e também do currículo de Física já era observada e criticada há mais de duas décadas por teóricos do Ensino de Física, como é o caso de Terrazan que, em 1992, chamou atenção para o fato de os livros didáticos de Física no Brasil insistirem em se basear nos “manuais estrangeiros de ensino de física utilizados no século passado” (TERRAZAN, 1992).

A partir desta crítica, iniciou-se uma tentativa de aproximar a Física Moderna e Contemporânea do contexto da educação básica. Assim, encontra-se hoje volume considerável de pesquisas com a intenção de atualizar o currículo, além da presença em livros didáticos de conteúdos da área Física Moderna e Contemporânea.

Ainda assim, a introdução de conceitos de Física de Partículas na educação básica continua incipiente. A presença destes conteúdos nos materiais didáticos normalmente é realizada apenas como um complemento, ficando, na maioria dos casos, relegado aos capítulos finais do livro didático do terceiro ano ou a pequenas aparições nos livros didáticos de primeiro e segundo anos.

Mais recentemente, Calheiro (2014, pg. 34-38) realizou uma investigação acerca da presença de tópicos de Física de Partículas nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012 e concluiu que o material oficial da rede pública de ensino continuava carente neste assunto, principalmente no sentido de fornecer poucas opções de atividades colaborativas e investigativas.

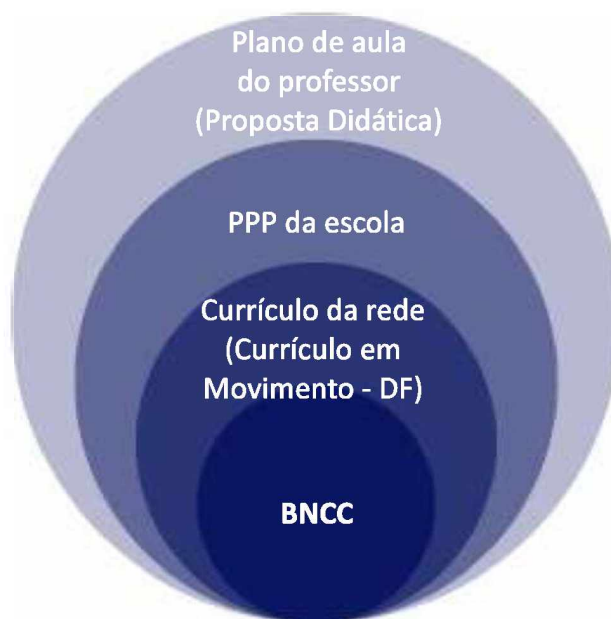
Com isso, o quadro atual da educação brasileira se figura permeado de desafios. No sentido de enfrentá-los, o Ministério da Educação (MEC) está propondo uma nova configuração do currículo da Educação Básica brasileira. Para tanto, está sendo definida a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC<sup>1</sup>).

No ano de 2018 a BNCC entrou em fase de implementação no país. A BNCC determina as aprendizagens essenciais que todos os alunos têm o direito de adquirir ao longo da educação básica. E assim, referencia os currículos das redes federal, estadual e municipal de ensino. Na ponta do Sistema Educacional, a BNCC influencia o Plano

---

<sup>1</sup> <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio> (Acessado: 24/09/2018)

Político Pedagógico (PPP) da escola, que refletirá na construção dos Planos de Aula do professor, em uma estrutura hierárquica de influências como a mostrada esquematicamente na Figura 1.



**Figura 1:** Estrutura normativa curricular Base Nacional Curricular Comum (BNCC)

Exploramos os aspectos da BNCC que corroboram com nossa proposta para embasá-la de acordo com a perspectiva legal. Ainda assim, chamamos atenção para a limitação prática da BNCC. Sua abordagem é ampla ao ponto de deixar esvaziá-la, deixando em aberto para os currículos estaduais a decisão prática do que será colocado em sala de aula.

Dentre as 10 competências estabelecidas na BNCC, chamamos atenção para 4 delas, as quais são afeitas diretamente às propostas desta dissertação (grifos nossos):

- **Competência 1:** Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
- **Competência 2:** Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

- **Competência 4:** Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
- **Competência 9:** Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a **cooperação**, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

Por outro lado, o Currículo em Movimento da Secretaria de Educação do DF, que sofrerá atualizações sob a influência da BNCC, estabelece matrizes curriculares para cada área do conhecimento que também se conectam à presente proposta.

Em resumo, apresentamos na Figura 2 um mapa conceitual que esquematiza os tópicos de física abordados no ensino fundamental de acordo com as habilidades propostas no BNCC. Os tópicos de “Estrutura da matéria” do 5º ano, e “Propriedades dos materiais” do 9º ano, são os conteúdos curriculares que mais se aproximam do conteúdo de Física de Partículas.

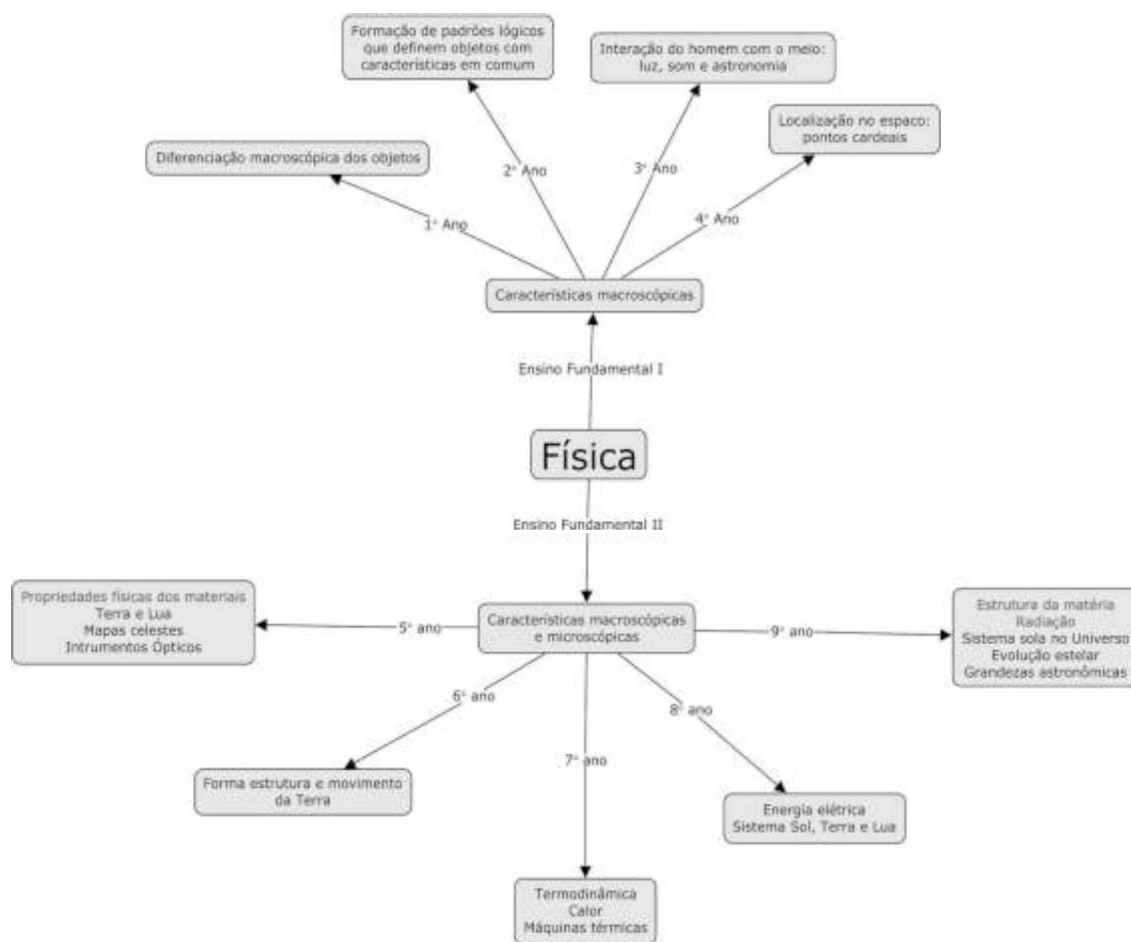
O currículo do Ensino Fundamental II trabalha a hierarquia da estrutura da matéria e começa a se aproximar da noção moderna de partículas elementares. No 9º ano, especificamente, está previsto o estudo inicial dos modelos atômicos que serão amplamente utilizados no Ensino Médio nas disciplinas de Física e Química. Com isso, os alunos têm, pela primeira vez, contato com a noção de construto fundamental da matéria.

Devido a isso, portanto, propomos introduzir no 1º ano do Ensino Médio tópicos de física de partículas, aproveitando a abordagem dos modelos atômicos no 9º ano e o estudo dos conceitos de força e interação desenvolvidos durante o ano. Assim, serão priorizados os elementos didáticos relacionados com a Estrutura da matéria, Radiação e as Propriedades Físicas dos materiais.

Por estas razões, consideramos que o currículo do Ensino Fundamental favorece a aplicação de tópicos de Física de Partículas no 1º ano do Ensino Médio. O aluno terá a

oportunidade de lidar com sistemas referentes ao muito grande e ao muito pequeno, além de abordar o aspecto construtivo e criativo do fazer ciência.

Essa percepção se coaduna com os princípios que norteiam o presente trabalho, que ao se basear nas ideias de Ausubel, privilegiam sobremaneira o conhecimento prévio dos alunos, aquilo que já trazem como experiência de vida e como conhecimentos formados na escola.



**Figura 2:** Mapa conceitual apresentando os conteúdos do currículo de ciências associados à física de acordo com o BNCC. Em vermelho estão enfatizados aqueles tópicos associados diretamente à Física de Partículas.

Deste modo, esperamos que o ensino de Física de Partículas, desenvolvido mediante o diálogo e reflexões filosóficas, incentive os alunos a **construírem** pontes entre os **novos conhecimentos** e aqueles já adquiridos por eles, estimulando o uso de diferentes linguagens, e que se consolide **uma estrutura lógica da constituição da matéria**, considerando, ainda, os aspectos dinâmicos de construção da ciência.



Assim, o aluno se aproximará de conhecimentos chave para a compreensão de objetos do seu dia-a-dia, e desenvolverá capacidades fundamentais para realizar uma leitura crítica e reflexiva do mundo.

Tais expectativas, entretanto, devem ser adequadas ao público alvo deste trabalho. De fato, do ponto de vista legal, os alunos do Ensino Médio regular noturno são igualados com aqueles do turno diurno, mas suas especificidades os aproximam muito mais do perfil dos alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Essa pretensa igualdade legal gera distorções<sup>2</sup> que findam por excluir os alunos do turno noturno de propostas mais condizentes com sua realidade e necessidades. Isto fica claro quando se compara o esforço acadêmico na pesquisa por transposições para o contexto da EJA com o cenário específico do aluno regular noturno, que é muito inferior e incipiente.

O Instituto Ayrton Senna realizou, no ano de 2015, um estudo<sup>3</sup> que levanta estatísticas do ensino médio com foco na comparação entre os períodos diurno e noturno, com o objetivo de entender melhor essa realidade e apontar eventuais diferenças que possam orientar políticas públicas.

De acordo com este levantamento, o corpo discente do período noturno se difere daquele do período diurno, principalmente, nos seguintes pontos:

- Maior distorção idade-série;
- Desempenho muito inferior;
- Maior evasão escolar;
- Altos índices de desistência.

Essas características se assemelham à EJA, e são aspectos que indicam uma forte carência conceitual dos alunos deste turno, além da dificuldade de permanência regular na escola. Tais elementos, portanto, reforçam a importância de desenvolver uma Proposta Didática contextualizada, sensível à realidade dos alunos que motive a permanência e o estudo.

---

<sup>2</sup>[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/estudante/ensino\\_educacaobasica/2015/07/23/ensino\\_educacaobasica\\_interna.491618/distorcoes-no-ensino-noturno.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/estudante/ensino_educacaobasica/2015/07/23/ensino_educacaobasica_interna.491618/distorcoes-no-ensino-noturno.shtml) (Acessado em 24/09/2018)

<sup>3</sup> [http://www.institutoayrtonsenna.org.br/pt-br/radar/O\\_drama\\_do\\_ensino\\_meacutedio\\_noturno.html](http://www.institutoayrtonsenna.org.br/pt-br/radar/O_drama_do_ensino_meacutedio_noturno.html) (Acessado em 24/09/2018)

## 1.1 Hipóteses e questão de pesquisa

A visão geral sobre os elementos que envolvem este trabalho se expressam em premissas desenvolvidas no referencial teórico que levam à seguinte hipótese

*Uma abordagem de Física de Partículas centrada no diálogo estimula a Aprendizagem Significativa e o pensamento crítico-criativo-reflexivo dos alunos de Ensino Médio Noturno.*

Ressalta-se que o problema de pesquisa tem o intuito de oferecer uma abordagem voltada para situações concretas identificadas no contexto educacional vivenciado pelo pesquisador-professor.

## 1.2 Objetivos: geral e específico

Visando corresponder à questão de pesquisa apresentadas na seção anterior, apresentamos objetivos gerais e específicos:

### Objetivo geral:

O objetivo geral desta pesquisa consiste em planejar, elaborar, aplicar e avaliar um Produto Educacional e uma Proposta Didática que contemplem a aprendizagem de conceitos introdutórios de Física de Partículas a partir das ideias da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e das noções de Pensamento de Ordem Superior, de Mathew Lipman.

### Objetivos específicos:

Para se atingir o objetivo geral foram buscados cinco objetivos específicos:

- i. Planejar uma estrutura conceitual para abordar Física de Partículas para alunos do Ensino Médio Noturno;
- ii. Elaborar uma Sequência Didática sensível à realidade dos alunos e que motive sua permanência e o engajamento nos estudos;

- iii. Elaborar um Produto Educacional a partir de preceitos da Transposição Didática, que permita operacionalizar a Sequência Didática construída para a aprendizagem de conceitos de Física de Partículas;
- iv. Investigar abordagens de Física de Partículas que levam em consideração a Aprendizagem Significativa na Educação Básica.
- v. Investigar abordagens didáticas que estimulem a aprendizagem dos conceitos abordados através do diálogo.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho se organiza da seguinte forma:

No Capítulo 2 encontra-se uma Revisão Sistemática de Literatura sobre a Física de Partículas na educação básica e também acerca do uso de histórias como recurso didático. Nesta revisão, são apresentados estudos de revisão e estudos de caso relevantes para nossa pesquisa.

O Capítulo 3 exibe os marcos teóricos que embasam a Proposta Didática desta pesquisa. São, portanto, exploradas a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a Filosofia para Crianças e Adolescentes de Mathew Lipmann e a Transposição Didática de Yves Chevallard.

No Capítulo 4, são apresentados os elementos componentes da Proposta Didática e sua metodologia de aplicação, conectando-a ao referencial teórico apresentado no capítulo anterior.

O relato dos episódios de ensino e os principais resultados da aplicação da Proposta Didática encontram-se no Capítulo 5, em que são analisados os dados obtidos com as ferramentas de avaliação da Sequência Didática.

Por fim, no Capítulo 6 é apresentada a resposta à questão de pesquisa e o resultado dos objetivos propostos inicialmente, confluindo para a sugestão de estudos futuros e de possíveis melhorias a serem incorporadas ao trabalho.

## Capítulo 2

### Revisão da Literatura

Neste capítulo, apresentamos uma revisão da literatura existente relativa às abordagens de Física de Partículas no Ensino Médio, e ao uso de histórias como recurso didático para o ensino de Física.

Nesta revisão, são apresentados artigos atuais e relevantes para nossa pesquisa, levantados através do Google Acadêmico entre os dias 14 de maio e 30 de setembro de 2018. Para tanto, realizou-se uma filtragem das pesquisas publicadas entre os anos de 2007 a 2018. As patentes e citações foram extraídas na ferramenta de buscas.

#### 2.1 Física de partículas no Ensino Médio

Visando abranger trabalhos sobre o tema, utilizamos dois padrões de busca: "física de partículas" & "ensino médio", com 599 resultados, e "*physics teaching*" & "*particle physics*" com 734 resultados, somando ao todo 1333 trabalhos científicos. Como critério de seleção, buscamos retirar as duplicações e artigos fora do escopo da nossa pesquisa. Com isso selecionamos 8 trabalhos que tinham mais proximidade com as temáticas do presente trabalho, que passamos a descrever.

- A dissertação de Lozada (2007) apresenta a aplicação de um produto que alia o ensino lúdico a partir de jogos e atividades para ensinar Física de Partículas para o 8º ano do Ensino Fundamental. A perspectiva teórica adotada neste trabalho também leva em consideração a Filosofia e a História da Ciência ao explorar a Aprendizagem significativa Crítica numa perspectiva CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade). É proposta uma sequência didática que abarca o ensino interdisciplinar associando estratégias diversificadas que envolveram, entre outros, a produção de poemas, músicas, produção de cartazes por parte dos alunos. A estratégia de Lozada também enfatiza o pensamento crítico dos alunos e os princípios da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira. Lozada observou vantagens na aplicação de uma metodologia ativa no ensino de Física de Partículas, no sentido da aprendizagem significativa do “modelo padrão de partículas”.
- Plumley & Smith (2016) realizaram uma revisão de literatura de caráter internacional, envolvendo mais de 15 países, que sistematiza as propostas de

ensino de partículas para um período equivalente ao ensino fundamental II no Brasil. Neste trabalho o tema é organizado em quatro ideias basilares dentro do modelo de partículas de acordo com a sua presença na progressão de aprendizagem: 1) toda a matéria é composta de partículas que são muito pequenas pra ver, até mesmo com um microscópio 2) Existe espaço vazio entre as partículas 3) As partículas estão em constante movimento aleatório 4) Um modelo de partículas da matéria pode ser utilizado para explicar diferentes fenômenos, incluindo o que ocorre na evaporação de líquidos ou na fusão de sólidos. O modelo pode explicar por que a matéria é conservada quando ela muda de forma.

- Maia (2011), em sua dissertação de mestrado em programa do MNPEF, apresenta uma proposta didática de ensino de Física de Partículas através de uma história de ficção criada pelo próprio autor, chamada “Quantolândia, a república das partículas”. Maia traz em sua pesquisa resultados que corroboram com a percepção de que o uso de histórias em sala de aula cativa os alunos e facilita a aprendizagem significativa sem recorrer a muitos recursos externos. A pesquisa foi desenvolvida com duas turmas de 3º ano do Ensino Médio; participaram 20 alunos de uma escola particular e 24 alunos de uma escola pública do Ceará. Uma comparação mostrou que os resultados em ambas não foram significativamente distintos.
- No artigo de Siqueira (2007), são analisadas características relevantes para a Transposição Didática de Física de Partículas para o Ensino Médio. O autor associa as regras de Astolfi da Transposição Didática ao conteúdo de Física de Partículas e levanta alguns cuidados e princípios a serem levados em consideração, de acordo com a teoria de Chevallard.
- Por sua vez, o trabalho de conclusão de curso de Junior (2014) apresenta material didático sobre Física de Partículas Elementares para ser aplicado no Ensino Médio. O material desenvolvido neste trabalho é completo, permeado de imagens, leituras complementares e exercícios.
- A dissertação elaborada por Jerzewski (2015) traz uma Sequência Didática Interativa (SDI) com a intenção de ensinar Física de Partículas para o 3º ano do Ensino Médio no município de Santa Rosa-RS, tendo como base o conceito de mediação de Vygotsky. A SDI envolveu a elaboração de murais, a aplicação de

jogos digitais e a leitura de quadrinhos por parte dos alunos. Como referência para elaborar suas atividades foram utilizados os livros de divulgação científica “O discreto charme das Partículas” de Maria Cristina Abdalla e o “O mágico dos quarks” de Robert Gilmore. A autora observou que sua metodologia teve sucesso em motivar os alunos para o aprendizado de Física de Partículas.

- Calheiro (2014) propõe em sua dissertação uma abordagem integrada entre conteúdos de Eletromagnetismo e de Física Partículas para o 3º ano do Ensino Médio. Ela verificou indícios de Aprendizagem significativa após a aplicação de duas UEPS, usando uma avaliação por meio de mapas conceituais. A sua principal base teórica é a Aprendizagem Significativa Crítica que mescla as formulações de Gowin, Ausubel e Novak.
- M. A. Moreira (2017) explora o V epistemológico de Gowin para compreender as implicações da teoria do Bóson de Higgs no ensino de ciência. Neste trabalho Moreira chama atenção para a hegemonia do “ensino treinador”, como ele se refere ao ensino focado em preparação para vestibulares e provas, sendo reforçada a ilusão na exclusividade da resposta certa, resultado de uma visão mecanicista, determinística e binária, em que as investigações, formulações e conjecturas são reduzidas. Considera este um ensino anticientífico e cerceador, que não se preocupa em desenvolver o pensamento crítico, desmerece o aprender a aprender e tem como consequência uma sociedade pouco preparada para os novos problemas que se apresentarão.

Os trabalhos (Jerzewski, 2015; Lozada 2007; Junior 2014, Calheiro 2014) influenciaram as escolhas de atividades, materiais e exercícios de nossa Proposta Didática. Por exemplo, assim como sugerido por Lozada (2007) foi incorporada em nossa sequência uma palestra de um cientista, que vemos como um diferencial interessante e pertinente para os alunos do Ensino Médio, principalmente aqueles que nunca tiveram acesso ou estão muito distanciados do fazer ciência, como é o caso do aluno do Ensino Médio Noturno. Do ponto de vista conceitual, o trabalho de Plumey & Smith (2015) contribuiu na formulação das perguntas-chaves e na estruturação conceitual da nossa sequência didática. Por sua vez, A história desenvolvida por Maia (2011) serviu como um exemplo de formulação autoral de textos e contribuiu com ideais do uso de metáforas dentro da nossa história. Siqueira (2007) esclareceu as regras a serem levados em consideração na formulação do material didático. Finalmente, a problematização acerca do ensino de Ciência no Brasil de Moreira (2017) influenciou

sobremaneira as indicações da Proposta Didática sobre o posicionamento do professor em sala de aula, além de inspirar o uso do Diagrama V em uma das aulas para favorecer a percepção da ciência como construção humana.

## **2.2 O uso de literatura como recurso didático para o ensino de física**

Uma vez que nossa proposta pretende promover o diálogo e o desenvolvimento do pensamento através de histórias em formato de texto, é preciso buscar na literatura por estratégias que façam uso de histórias e assim nortear a elaboração da história a ser utilizada neste trabalho.

Para tanto, utilizamos os seguintes padrões de pesquisa: "física e literatura" & "Ensino Médio" OU "física" & "texto literário" & "ensino médio". Recorremos a uma seleção não sistemática, buscando por trabalhos que apresentassem casos de sucesso na utilização deste tipo de recurso didático em diferentes contextos.

- Em Piassi & Pietrocola (2005), os autores apontam possibilidades do uso de contos de ficção científica em sala de aula como ferramenta útil ao ensino da Física, uma vez que tal ferramenta incentiva o interesse pelo debate, estimula a produção do conhecimento científico significativo e contribui para o desenvolvimento das habilidades de leitura. Os autores demonstram que, em comparação à linguagem cinematográfica, a literatura permite além de uma maior praticidade em sua aplicação em sala de aula, a possibilidade de se aprofundar na exploração de ideias e conceitos e, ainda, introduzir temas atuais em nível científico. São descritas três propostas de atividades, assim como os procedimentos para a aplicação, além de questões que podem ser levantadas pelo professor e pela turma através de debates, diálogos, produção de materiais, dentre outros.
- Almeida & Sorpreso (2011) realizaram uma interessante análise sobre o discurso em três diferentes tipos de texto: o texto de divulgação científica, o texto original do cientista e os livros didáticos. Ele compreende que o texto de divulgação científica tem natureza altamente interativa mesmo que, algumas vezes, em detrimento do rigor quando em comparação aos outros dois tipos de texto. Outra observação interessante é que os livros de divulgação costumam dialogar mais com os estudantes, utilizando imagens e adotando uma linguagem mais próxima da deles. Essas percepções levam a concluir que oferecer o acesso a várias formas de discurso é estratégia promissora para a educação, pois cada

aluno projeta à sua maneira os significados de um discurso. Este trabalho contribuiu para planejar o discurso construído no Produto Educacional.

- J. M. de Lima et al., (2007) utiliza os folhetos de cordel como estratégia de motivação para o ensino de ciências em sala de aula; descreve que tal estudo envolveu pesquisa, catalogação, oficinas e elaboração de material por parte dos próprios alunos (um cordel criado por eles mesmos). Sua proposta é transpor o obstáculo da falta de motivação, atrair o interesse e incitar a curiosidade pelos conhecimentos da Física. Os autores consideram que o fato de os folhetos de cordel possuírem uma linguagem oriunda das práticas cotidianas e serem populares favorece a construção do pensamento científico. Concluem que o cordel é um veículo de popularização do conhecimento científico e que a aproximação dos conceitos científicos ao cotidiano do aluno contribui para o interesse deste em buscar o conhecimento.
- Como parte das ações do PIBID de Física na UNIFAL-MG, Pereira (2013) estuda a utilização de uma parte do livro “Alice no país” no ensino de Física de Partículas para o 3º Ano do Ensino Médio. Como resultado de uma avaliação baseada na escrita dos alunos, foi observado que os alunos adquiriram conhecimento sobre aceleradores de partículas. Os alunos também se disseram favoráveis ao aprendizado a partir da leitura. Há neste artigo um importante debate, estreitamente relacionado aos nossos objetivos, sobre a mediação de conteúdo de Física de Partículas por meio da leitura de textos. Com relação a este assunto, ele retoma alguns estudos que defenderam este tipo de recurso didático como Silva e Almeida (1993), Almeida e Ricon (1993) e Andrade e Martins (2006). Tais estudos advogam a favor da leitura de textos como uma importante forma de ativação do desenvolvimento intelectual dos alunos, reforçam que a leitura não se restringe a alguma disciplina específica, que atividades de leitura funcionam como recurso para aproximar os alunos do conhecimento científico-tecnológico e que representam uma forte capacidade de motivação.
- Lima (2015) explora como a literatura, mais especificamente o uso de metáforas, analogias e leituras, pode influenciar o surgimento de pseudoconceitos de mecânica quântica nos alunos. A leitura dos três primeiros capítulos de “Alice no país do Quantum” por os alunos de 3º Ano do Ensino Médio, foi considerada



eficaz como ferramenta didática para um primeiro entendimento do assunto, facilitando a abordagem do professor e estimulando a motivação dos alunos.

- Glynn e Muth (1994) estudaram a capacidade do uso da leitura como recurso didático na alfabetização científica dos alunos, considerando-a capaz de apoiar o currículo escolar no esforço de desenvolver aprendizagem significativa. Eles concluem que a leitura e a escrita servem como veículos para a aprendizagem significativa de ciência. Tal estudo apresenta uma carência em pesquisas que investiguem as melhores metodologias para a aplicação deste tipo de recurso em sala de aula.

A Proposta Didática sugerida no presente trabalho incorpora como elemento central o diálogo levantado pela leitura de textos autorais. Deste modo, o uso do recurso da leitura é reforçado por Glynn e Muth (1994), Pereira (2013), Silva e Almeida (1993), Almeida e Ricon (1993) e Andrade e Martins (2006). Estes trabalhos também contribuíram com a antecipação de cuidados a serem tomados em sala de aula na condução das leituras em grupo. Os trabalhos de Lima (2015), Martins (2016), Piassi & Pietrocola (2005) também forneceram conhecimento sobre a aplicação da leitura de texto em grupo e além disto identificaram o uso de outros tipos de texto que não apenas o do texto autoral para incorporar a leitura nas aulas de física.

Assim, os levantamentos bibliográficos realizados ensejaram farto material para que embasássemos nossa própria pesquisa, evitando equívocos próprios de tentativas iniciais, mas agregando seus sucessos relatados.

# Capítulo 3

## Referencial Teórico

### 3.1 Introdução

Este trabalho se organiza em torno de dois marcos teóricos fundamentais:

- A Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, que representa o entendimento, a partir de uma abordagem cognitivista, sobre as atividades psicológicas enquadradas no processo de ensino aprendizagem;
- A Filosofia para Crianças e Adolescentes de Matthew Lipman, que norteou a estratégia de aplicação do Material Educacional no contexto da sala de aula.
- Como marco teórico complementar, empregou-se a teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard, que embasou a elaboração do Produto Educacional.

Deste modo, dividiu-se o referencial teórico em três domínios tidos como essenciais para a formação de uma estrutura consistente para o trabalho. Nomeamos esses domínios de acordo com sua natureza e sua função dentro do presente trabalho. Assim, temos as dimensões: descritiva, mais ligada à abordagem psicológica; normativa, mais ligada à teoria da educação de Lipman, e didática, associada às lições de Chevallard.

A dimensão descritiva está ligada aos fundamentos dos processos psicológicos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Tais fundamentos são guias para a elaboração da Sequência Didática, a organização dos conceitos incluídos no material educacional e a análise dos resultados. Apesar de descrever as características e funções da aprendizagem, tal dimensão não busca estabelecer condutas e regras práticas em contextos específicos (no nosso caso, a sala de aula).

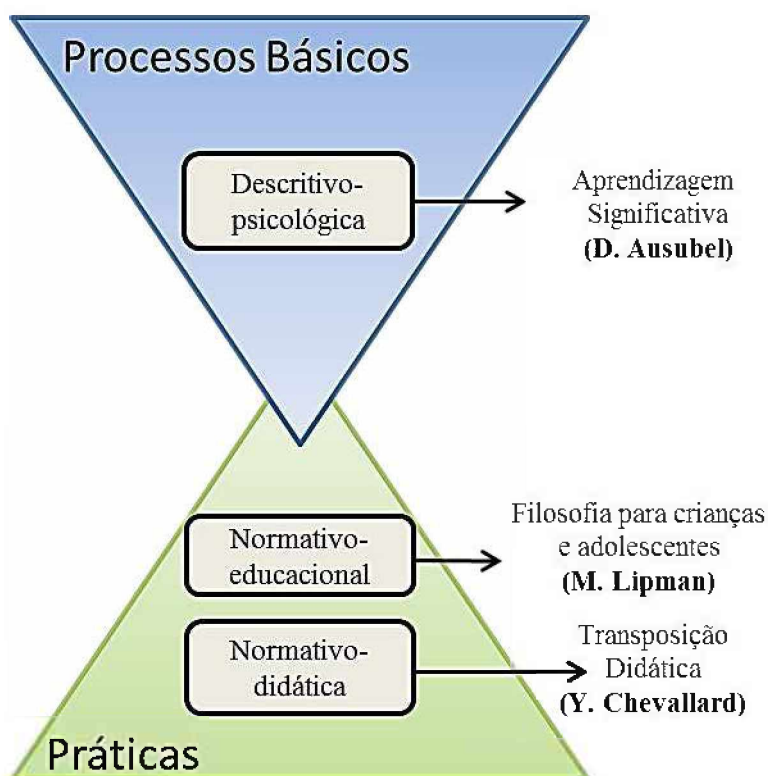
Contudo, é importante reforçar que a perspectiva descritiva também aponta para conclusões normativas; assim, por exemplo, Valadares (2011) expõe o que seriam condutas adequadas para o professor e o aluno sob a ótica da aprendizagem significativa:

“O professor deverá apresentar da forma conceptualmente mais transparente que for possível, sem prejuízo da correção, as concepções científicas referidas no currículo e o aluno deverá tentar construir

ativamente os seus significados acerca dessas concepções e deixar transparecer com toda a honestidade esses significados (concepções pessoais)” (Valadares, J. 2011).

A dimensão descritiva não se priva de conclusões práticas, porém não têm o objetivo de fornecê-las; Assim, faz-se necessário eleger teoria(s) que aproximem a abordagem prevalentemente descritiva do processo prático de ensino na sala de aula.

As três dimensões que formam a presente base teórica se complementam da seguinte maneira: a descritiva trata o objeto da aprendizagem do ponto de vista dos processos psicológicos envolvidos, norteando o nível prático formado pelo processo educacional (delimitada pela teoria da educação de Lipman) e pela construção do material didático (balizada pela dimensão didática de Chevallard). Cada dimensão possui, assim, uma teoria de referência como se pode ver na Figura 3.



**Figura 3:** Estrutura do referencial teórico separada em dois níveis e três dimensões, cada qual com seu marco teórico.

A dimensão educacional tem por função oferecer solidez prática à aplicação das ideias da dimensão psicológica. Afinal, o ensino em sala de aula é um processo eminentemente social, enquanto a aprendizagem é, em última instância, um processo pessoal (Novak, 1990, Gowin 1990).

A terceira dimensão, didática, se refere ao formato de transposição que embasa a adaptação dos saberes e da linguagem de um contexto científico-adulto (sábio) para o escolar-juvenil (ensinado) de modo que a apreciação dos conceitos contidos no Material Educacional se dê respeitando o tempo de sala de aula (Chevallard, 1991).

Ao pano de fundo teórico cabe o papel de gerar um espaço de abstração para as devidas análises sobre o objeto de pesquisa, além de garantir um espaço metodológico de ação que dê segurança ao pesquisador e ao leitor interessado diante das informações apresentadas.

Evidentemente, o referencial teórico revela em si uma visão de mundo que delimita também as opiniões e práticas do professor-pesquisador, moldados pelo seu contato com uma comunidade científica e não científica ao longo de sua trajetória (Nascimento, 2016).

Estruturaremos os tópicos do referencial teórico começando pela descrição da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel desde seu histórico, passando por seus conceitos básicos, até chegar ao debate sobre a insuficiência dos construtos deste referencial para sua aplicabilidade em contextos práticos de sala de aula. Isso ensejará a apreciação do Programa de Filosofia para Crianças de Matthew Lipman. Concluiremos o referencial teórico explorando os principais conceitos da Transposição Didática de Yves Chevallard.

### **3.2 Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel**

A abordagem da Teoria da Aprendizagem Significativa compreende a consciência como semente do conhecimento. Aquela que atribui significado a tudo que nos rodeia. Portanto, diretamente associada às necessidades de compreensão fundamentais para o ser humano.

a intencionalidade encontra-se no âmago da consciência; é a ponte entre Sujeito e Objeto; é a estrutura que dá significado à experiência. Se vou ver uma casa para comprar, percebo-a de modo diferente do que se fosse lá visitar amigos. Essa capacidade humana de ter intenções, a que denominamos intencionalidade, é a estrutura do sentido que nos possibilita, sujeitos que somos, a ver e compreender o mundo (May, 1973b, apud Moreira, 1990)

A aprendizagem significativa ou a aquisição de significados ocorre através do contato com materiais potencialmente significativos e com uma série de aprendizagens significativas anteriores.

O fator mais relevante na teoria da aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, chamado por Ausubel de subsunçores. É com base no conhecimento prévio do indivíduo que o processo de aprendizagem pode se tornar significativo. Desse modo, podemos dizer que aquilo que o indivíduo traz como estrutura cognitiva se relaciona através de pontes com novas informações criando novos significados e transformando significados antigos.

Por sua vez, a potencialidade significativa emerge da relação entre as ideias logicamente significantes (cultural), as ideias particularmente relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (subsunçor ou âncora) e na sua disponibilidade em aprender significativamente ou reter conhecimento. Por estar vinculada ao uso de subsunçores, a Aprendizagem Significativa é sempre de caráter não arbitrário e substantivo (Ausubel, 1968, cap. 4, pg. 69).

A aprendizagem significativa representa, portanto, um processo humano de aquisição e armazenamento de informações. Para desvendar este processo, David P. Ausubel introduziu conceitos básicos que refletem a fenomenologia da consciência humana envolvida em um processo de aprendizagem.

Deste modo, Ausubel atribuiu uma visão sequencial à Aprendizagem Significativa através do processo interativo de subsunção (ou assimilação), que é a atividade de incorporação do novo conhecimento na estrutura cognitiva ocorrendo, assim, uma assimilação do novo conhecimento a partir de um subsunçor.

Moreira (2006, pg. 25) esclarece que “no processo de assimilação, mesmo após o aparecimento do significado, a relação entre as ideias-âncora e as assimiladas permanece na estrutura cognitiva”.

Neste processo, uma informação potencialmente significativa *a*, em formato de conceito ou proposição, é assimilada a conceitos mais inclusivos, já existentes na estrutura cognitiva. E assim, não só a nova informação *a*, mas também o conceito subsunçor *A*, são modificados pela interação de assimilação, resultando em uma nova unidade conceitual *a'A'* que nada mais é que o subsunçor modificado, como pode ser visto na Figura 5.

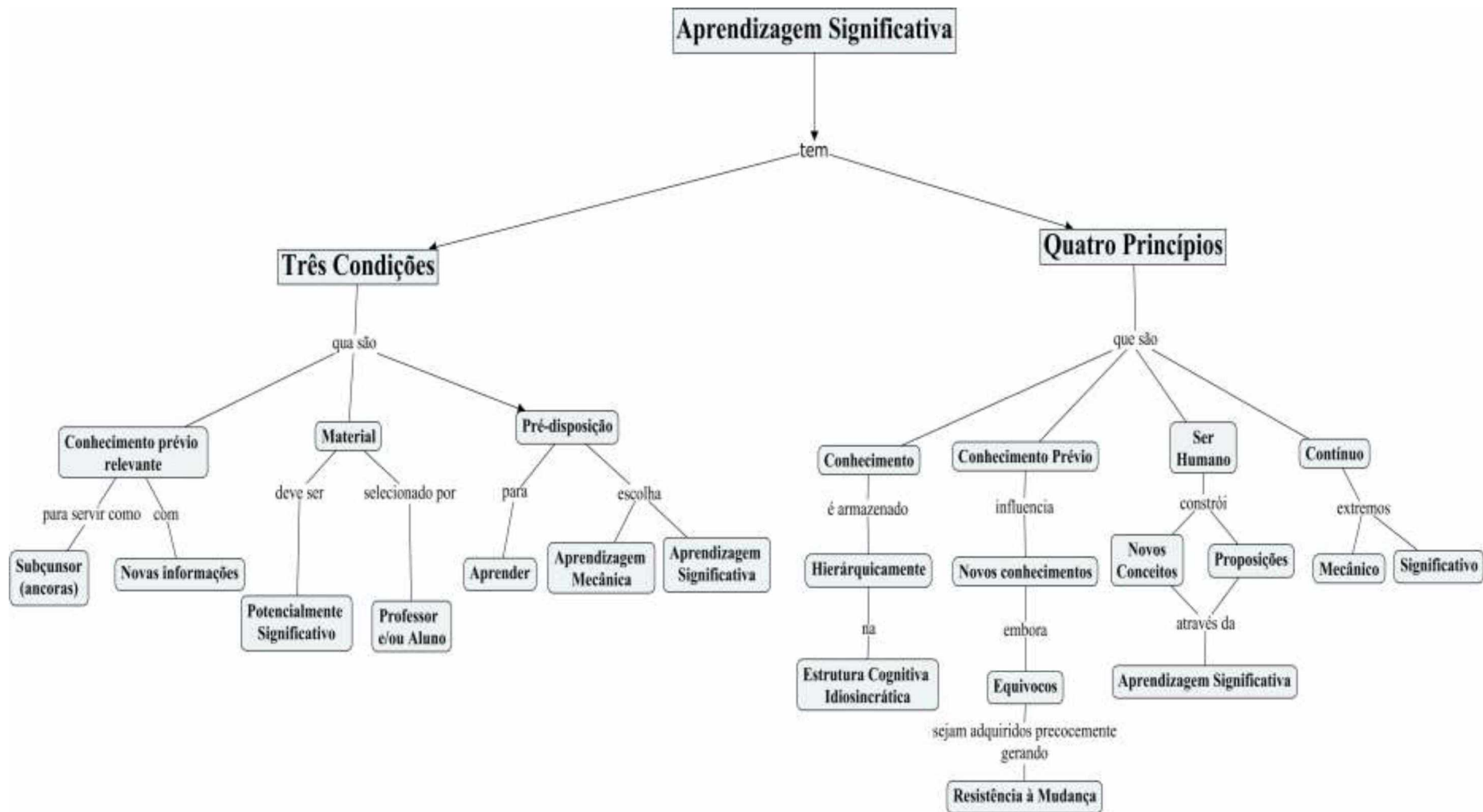
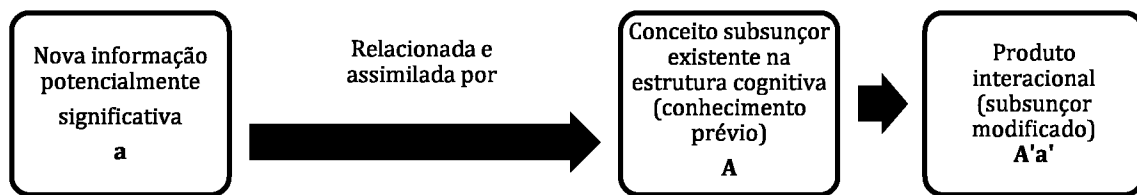


Figura 4: Pressupostos básicos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Fonte: D. P. Ausubel (1968).



**Figura 5:** Processo de subsunção por meio do princípio de assimilação, onde a nova informação se atrela ao conceito da estrutura cognitiva para produzir um novo significado.

**Fonte:** Próprio autor, baseado em M. Moreira, 2006, pg. 25.

Como exemplo do processo de subsunção, quando estudar Física de Partículas, um aluno aprende significativamente o conceito de partícula, o faz com seu conceito prévio de matéria, que começou a ser construído na infância e que inclui o significado de substância material.

Para facilitar a aprendizagem significativa no ensino de Física, que é o objetivo desta proposta, é recomendável trabalhar com um ensino investigativo que facilite o processo de subsunção tanto pela diferenciação progressiva, que trabalha conceitos específicos após a introdução de conceitos gerais, como pela reconciliação integrativa, que reconstrói conceitos gerais com a associação de conceitos específicos (ver Figura 6).

### **3.3 Filosofia para Crianças e Adolescentes de Matthew Lipman**

Quando era professor na Columbia University, Lipman percebeu que havia muitas dificuldades de raciocínio em seus alunos. Isso o motivou a introduzir o ensino de Filosofia para crianças e adolescentes. Como proposta, Lipman defende o ensino de lógica como meio para se desenvolver as habilidades de raciocínio desejadas. O trabalho de Lipman se estendeu às crianças devido à crença de que estas habilidades podem ser aperfeiçoadas, e que elas possuem a capacidade de pensar de forma abstrata desde muito cedo; sendo assim, o ensino de lógica na educação infantil ajudaria a melhorar a capacidade de raciocínio (Silva De Souza, 2006).

Em sua obra “A filosofia entra para a sala de aula”, Lipman defende a tese de que a Filosofia corresponde a uma disciplina básica e transversal

“O que está surgindo agora é que o pensamento está se tornando o verdadeiro fundamento do processo educacional e que a educação construída sobre qualquer outra fundação (tal como o tipo de educação que temos atualmente) será superficial e estéril. Uma vez que as habilidades necessárias para o pensar nas outras disciplinas têm de ser

aperfeiçoadas anteriormente, vemos por que a filosofia precisa deixar de ser um assunto de universidade e tornar-se uma matéria da escola primária – uma disciplina cuja tarefa é preparar os estudantes a pensar nas outras disciplinas” (Lipman, M. 1997, pg. 52)

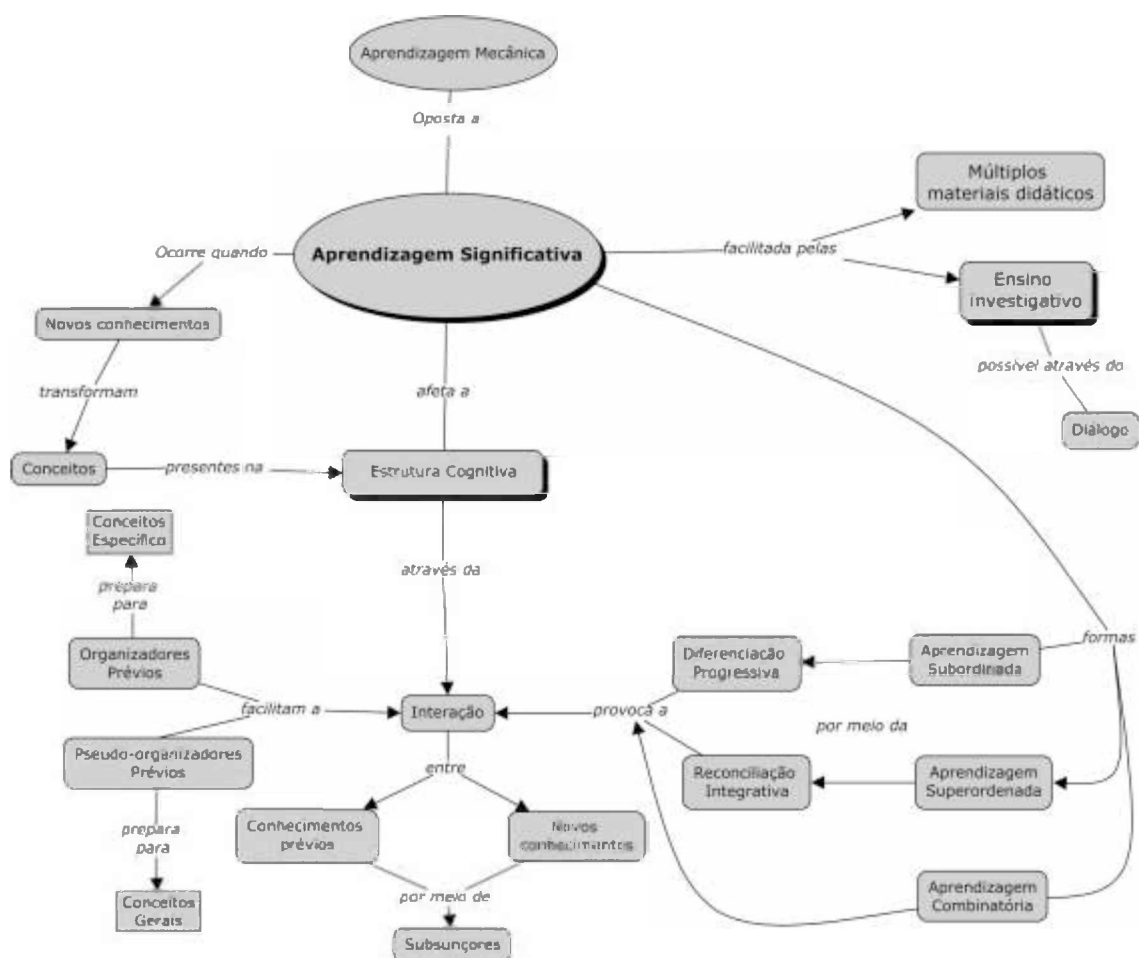


Figura 6: Mapa conceitual que sintetiza os conceitos básicos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Fonte: Próprio autor, baseado em Barp, 2016.

Deste modo, o programa filosófico de Lipman propõe levar as bases de um posicionamento intelectual autônomo para a sala de aula por meio da filosofia. Contribui, assim, para a formação de crianças e adolescentes centrada na construção do conhecimento através do aprimoramento do pensamento (Dinis, 2011, pg. 33).

Assim, para Lipman, o paradigma educativo tradicional está alicerçado sobre uma prática pedagógica de transmissão de conhecimentos do professor ao aluno, cabendo ao aluno, de uma forma pura e simples, a memorização dos conteúdos.

Aos olhos de Lipman, essa educação se reduz ao mero ato de instruir, rica na transmissão de informações mas pobre em proporcionar habilidades de pensamento



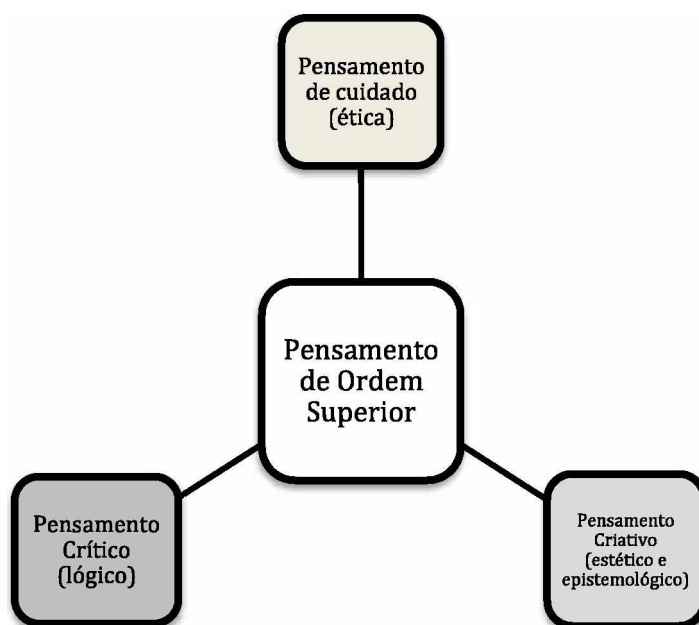
envolvidas na interpretação de textos, na construção de inferências, na construção de juízos de valor fundamentados numa crítica imparcial sobre o mundo ao redor, na capacidade de direcionar a crítica sobre si mesmo, entre outros. Lipman considera que tais habilidades são fundamentais para uma sociedade voltada à investigação.

Em essência, o programa de Filosofia para Crianças e Adolescentes busca estimular nas crianças e jovens o Pensamento de Ordem Superior, considerado como aquele que envolve o pensamento crítico, criativo e cuidadoso.

Neste sentido, Lipman formula uma sequência lógica que parte de uma visão de sociedade para encontrar os alicerces educacionais que sustentam sua perspectiva, alicerces representados por normas e critérios do pensamento (Lipman Matthew, et.al 1997).

Para tanto, Lipman estuda o pensamento considerando-o multidimensional e separado em três eixos: o pensamento crítico (dimensão lógica), pensamento criativo (dimensão estética e epistemológica) e o pensamento cuidadoso (dimensão ética).

E assim, o Pensamento de Ordem Superior é aquele que forma uma confluência entre características das três dimensões de pensamento, como expresso na Figura 7. Ou seja, um pensamento abrangente que, simultaneamente, pode ser inventivo, criterioso e preciso em suas avaliações.



**Figura 7:** O Pensamento de Ordem Superior como a confluência das três dimensões do pensamento.

Cada pensamento pode ser avaliado por suas características, que seriam os critérios e normas deste pensamento. São estas características que os alunos devem aprender a reconhecer e usar (Lipman Matthew et al., 1997, pg. 197-231).

i. Pensamento Crítico:

O pensamento crítico é representado pela sua capacidade de autocorreção, uso de critérios de julgamento, e percepção do contexto. A autocorreção se dá pelo questionamento de seus próprios procedimentos e métodos, pela retificação e pela descoberta de suas próprias fraquezas. O uso de critérios de julgamento necessita coerência, adequação, precisão, controle do nível de aceitação, que só ocorre à luz de princípios, convenções definições, valores e etc. A percepção do contexto compreende a sensibilidade para verificar configurações globais e circunstâncias excepcionais ou irregulares.

ii. Pensamento Criativo:

O pensamento criativo é formado pelos aspectos imaginativo, inventivo, genuíno e holístico do pensamento. Seria aquele pensamento original, fecundo e transcendente. Por exemplo, um pensamento provocante e expressivo, integrado e proativo. Ou ainda, um pensamento inovador, abundante, estimulante.

iii. Pensamento de Cuidado:

Por sua vez, o pensamento de cuidado é um pensamento ético, apreciativo, ativo, normativo, afetivo, empático com uma decisão de participação ativa. O pensamento de cuidado se manifesta, por exemplo, na ação, na preocupação com o outro; seria um pensamento protetor, que compartilha, realiza e executa suas obrigações. Ou ainda um pensamento ativo, organizado, fraterno e compassivo. Ele envolve a participação ativa do indivíduo em sua vivência em comunidade.

Lipman reforça a ideia de que o diálogo filosófico é a principal ferramenta para desenvolver um pensar crítico, criativo e de cuidado (Pensamento de Ordem Superior). Sustenta, assim, que, para tanto, é necessário criar um ambiente favorável o diálogo.

Com isso, a metodologia do programa filosofia para crianças e adolescentes consiste em uma abordagem de sala de aula em que as ações do professor são todas voltadas para desenvolver o Pensamento de Ordem Superior dos alunos.

O elemento principal do programa são os textos reflexivos, que são utilizados como provocadores do diálogo e da consolidação da comunidade de investigação. O programa de Lipman (Lipman, 2003) para o ensino de filosofia é constituído por onze textos que abrangem todas as faixas etárias e níveis escolares, inclusive o ensino secundário e a educação para adultos.

Os textos apresentam uma linguagem próxima à faixa etária a que se destinam e ao contexto de aplicação de sala de aula visando atrair a atenção e facilitar a compreensão do público. Para tanto é evitado o uso de terminologias técnicas.

Ao fim de cada texto seguem manuais pedagógicos, chamados de Planos de Discussão, voltados para o professor e contendo perguntas, exercícios e explicações conceituais que podem ser utilizadas como recursos durante a condução da investigação dialógica levantada pela leitura do texto. Neste sentido, o Plano de Discussão se concentra nas principais ideias de cada capítulo do programa.

Basicamente, o programa rês etapas sugerida por Lipman na apresentação pedagógica do material aos alunos: a leitura, o questionar e a discussão reflexiva.

1ª Etapa (Leitura) - Cada aluno lê sequencialmente um parágrafo ou uma frase do texto. Esse aspecto é essencial para fazer participar todos os alunos dentro do processo, porque muitas vezes os adolescentes mais tímidos e retraídos apenas se expressam praticamente durante a leitura. É de realçar que a participação ativa na leitura é já uma alegre e dinâmica troca verbal entre os membros da secção.

2ª Etapa (Questionamento) - As crianças depois de lerem são solicitadas a indicar o que acharam de interessante nas passagens que lidas. Isso permitirá às crianças sugerirem temas para a discussão: na verdade possibilita que elas estabeleçam o programa. Claro que isso não impede que os professores possam introduzir tópicos que achem importantes para a discussão.

3ª Etapa (Discussão Reflexiva) - À medida que o diálogo se desenrola, o professor introduzirá no momento certo os planos de discussão e os exercícios estipulados pelos manuais pedagógicos para desenvolver os pontos em questão ou para fortalecer as habilidades de raciocínio necessárias para as crianças extraírem os significados das passagens que estão sendo abordadas.

Esses elementos são tornados concretos pela ideia da Comunidade de Investigação. Como base para a metodologia do programa, Lipman considera que a turma precisa transformar seu comportamento coletivo, se afastando de um comportamento apático e mecânico, e se aproximando de um comportamento ativo, investigativo e dialógico. Essa nova formação recebe a definição de Comunidade de Investigação.

A Comunidade de Investigação tem como objetivo facilitar a tão almejada inquietação através do diálogo, que leva os indivíduos a quebrar suas resistências e construir um argumento, elaborar uma opinião, investigar através de suas experiências e conhecimentos em um nível racional e lógico.

Para que o terreno fértil do diálogo seja criado é preciso transformar a turma em uma “Comunidade de Investigação”, na qual o professor passa a ser co-investigador, visto que nem ele e nem os alunos têm respostas definitivas para as questões filosóficas colocadas, tais como: O que é justiça? O que é o belo? O que é a verdade? O que é a felicidade?

“A comunidade de investigação cultiva as habilidades dialógicas, de pensamento, de investigação reflexiva e facilita um bom julgamento, é um meio educativo que favorece o sentido da comunidade e, por tanto, prepara os alunos para a participação na actividade democráticas” (Dinis, 2011, pg. 58).

Deste modo, a comunidade de investigação se configura como um ambiente democrático onde a criança ou adolescente exerce regularmente sua liberdade de pensamento e ação.

Lipman consolidou o que chamamos de *Pedagogia da Comunidade de Investigação* com o intuito de desenvolver a ideia de Filosofia para crianças em sala de aula. Para Lipman, a sala de aula tradicional convertida para a comunidade de investigação permite aos alunos:

[...] dividirem opiniões, com respeito, desenvolverem questões a partir das ideias de outros, desafiarem entre si para fornecerem opiniões até então não apoiadas, auxiliarem uns aos outros ao fazer inferências daquilo que foi afirmado e buscar identificar as suposições de cada um (Lipman, 1995, p.31).

Para Lipman o filosofar é ato de reflexão e busca ativa de respostas, tendo caráter inerentemente interdisciplinar. Deste modo, Lipman defende que a narrativa filosófica pode ser desenvolvida em qualquer disciplina, e assim servir como trampolim para a investigação e o diálogo,

Mediante o trabalho com o conteúdo, pudessem ser trabalhadas as habilidades cognitivas necessárias ao desenvolvimento dos alunos. O programa propiciava o acontecer do conhecimento nas crianças e jovens porque os fazia trabalhar com as ideias de forma cooperativa, isto é dialógica (Lipman, 1995, p. 32).

Deste modo, quando a turma se coloca de maneira reflexiva e coletiva sobre um conteúdo, as habilidades de pensamento estarão sendo trabalhadas.

Em seu livro “A escola do pensar” (Lipman, 2003), Lipman descreveu o papel dos elementos da metodologia para a consolidação da Comunidade de Investigação do ponto de vista do adolescente:

### I. Benefícios do texto

- 1- O texto sob a forma de uma história, serve de modelo para a comunidade de investigação;
- 2- Reflete os valores e as realizações das gerações anteriores;
- 3- Cumpre um papel de mediador entre cultura e indivíduo;
- 4- É um objeto particular de percepção que transporta já em si mesmo uma reflexão mental;
- 5- Mostra que as relações humanas podem ser analisadas em relações lógicas;
- 6- Pela sua leitura em voz alta e à vez:
  - a. Ele revela a implicação ética da leitura e de uma escuta alternadas;
  - b. Ele reproduz oralmente o texto escrito;
  - c. Ler cada um por sua vez representa uma divisão do trabalho que é um começo da comunidade da turma;
- 7- Ele interioriza gradualmente os comportamentos do pensamento das personagens de ficção;
- 8- Ele faz descobrir que o texto está carregado de sentidos e dá à turma a ocasião de se apropriar desses sentidos.

### II. Elaboração de uma agenda diária

- 1- Colocar perguntas: primeira reação da turma após a leitura do texto;
- 2- O professor identifica os autores das perguntas;
- 3- Elaboração da agenda: trabalho da comunidade efetuado em conjunto;
- 4- A agenda simboliza a carta das áreas de interesse dos alunos;
- 5- A agenda indica o que os alunos consideram como importante e exprimem as necessidades cognitivas do grupo;
- 6- O professor e a turma devem cooperar para decidir por onde começar a discussão.

### III. Solidificação da comunidade

- 1- Solidariedade do grupo devido à investigação dialógica;
- 2- Reflexão antes da ação;
- 3- Articulação dos desacordos e pesquisa da compreensão;
- 4- Encorajamento das competências cognitivas (por ex.: generalizar, exemplificar) pela prática do diálogo;

5- Aprender a utilizar ferramentas cognitivas (razão, critérios, conceitos, regras, princípios, entre outros);

6- Raciocinar em colaboração, incluindo a construção a partir das ideias dos outros, oferecer contra exemplos ou formular outras hipóteses;

7- Interiorização do comportamento cognitivo visível da comunidade através do qual se assimilam os meios pelos quais os colegas se corrigem mutuamente até que passem a se autocorrigir sistematicamente;

8- Sensibilidade aumentada às nuances de sentido dos contextos diferentes;

9- O grupo reflete em comum para encontrar o seu caminho.

#### IV. Utilização de exercícios e de mapas de discussão

1- Para questões da esfera acadêmica, recorrer a especialistas;

2- Apropriação pelos alunos da metodologia da disciplina;

3- Abertura dos alunos a outras possibilidades filosóficas;

4- Insistência sobre problemas específicos para incitar a formular julgamentos de ordem prática;

5- Encorajamento da investigação para examinar as ideias reguladoras da verdade, da comunidade, da pessoa, da beleza, da justiça ou da bondade.

#### V. Encorajamento a novas respostas

1- Suscitar outras respostas sob a forma de história contada ou escrita, de pintura ou de desenho ou outras formas de expressão;

2- Reconhecer a síntese da crítica e da criatividade como individual e coletiva.

### 3.3.1 *Pontos de contato entre o ensino de Física e de Filosofia*

A interdisciplinaridade nesta perspectiva educacional é implícita, confirmando que “a proposta educativa de Lipman compreende a educação como uma experiência não segmentada em disciplinas”(Dinis, 2011). Isto se dá, pois a investigação filosófica é uma ação do pensamento que não altera seu valor de acordo com as disciplinas, não podendo, portanto, ser segmentada por elas.

Apesar do descolamento da Física e da Filosofia diante de suas maneiras de arguir e tomar conclusões sobre os fenômenos, em suas origens elas são superpostas quando consideramos o Pensamento de Ordem Superior e a base linguística das duas áreas. Sendo assim, a Física não termina quando a Filosofia começa e “a filosofia começa quando podemos discutir a linguagem que usamos para discutir o mundo” (LIPMAN, 1995).

### **3.4 Transposição didática de Yves Chevallard**

Em 1982 Yves Chevallard e Marie-Alberte Joshua foram precursores em utilizar o conceito de Transposição Didática na área de matemática. Ao buscar compreender as transformações sofridas com a noção matemática de distância desde a visão de Fréchet, no “saber sábio”, e a sua introdução em 1971 nos programas de geometria da sétima série, utilizando a reta (Siqueira & Pietrocola, 2006, Chevallard & Joshua, 1983).

O que se ensina nas escolas não é o que se pesquisa nos laboratórios científicos. Portanto, o conhecimento até chegar ao aluno, sofre uma transformação no caminho entre a pesquisa científica e a sala de aula. Ou seja, há uma adequação do saber científico para o ambiente escolar.

Deste modo, a Transposição Didática se refere a um processo no qual “um conteúdo do saber, tendo sido designado como saber sábio, sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que o levam a tomar lugar entre os objetos de ensino.” (Siqueira and Pietrocola, 2006). Portanto, a Transposição Didática é o conjunto de atividades que transformam um objeto do saber sábio em objeto do saber ensinado.

Não são os “textos originais” criados pelos cientistas que se apresentam aos alunos. Antes, os alunos são apresentados ao contexto histórico vigente quando tais originais foram criados, sendo os textos originais “dispensados” no contexto escolar.

A linguagem presente nesses originais tornam-se, pela sua especificidade, barreiras intransponíveis para os alunos nas escolas. Sua adaptação se faz necessária, já que o tempo que os alunos têm para se dedicar e assimilar tais conhecimentos é consideravelmente menor do que o tempo que os cientistas e pesquisadores levam para desenvolvê-los.

Porém, esta adaptação não é, como alguns podem pensar, uma mera simplificação do conhecimento. É sim uma aproximação entre o conhecimento e a realidade presenciada naquele contexto de ensino, onde são levados em consideração muitos fatores como as necessidades e interesses contidos em tal contexto, visando proporcionar um maior acesso da comunidade à produção científica, sem perder de vista a realidade dos alunos.

Temos então que o “conteúdo escolar” ou “objeto didático” não é uma simplificação do “saber original”, mas sim um conjunto de transformações deste para facilitar o acesso dos alunos.

### 3.4.1 Níveis do saber

A Transposição Didática serve como uma ferramenta analítica que envolve três níveis de saber. “Saber Sábio”, “Saber a Ensinar” e “Saber Ensinado”.

Apresentando os níveis do saber de modo mais detalhado e na sequência de precedência dentro do processo de Transposição Didática temos:

- i. O primeiro, onde o processo se inicia por meio de pesquisas na comunidade científica (**Saber Sábio**);
- ii. O segundo, onde ocorre a maioria das transformações num processo de sistematização de sequências didáticas por meio de estudos acadêmicos (**Saber a Ensinar**);
- iii. O terceiro, onde atinge efetivamente os alunos em sala de aula por meio do planejamento e programa definido pelo professor (**Saber Ensinado**).

O grupo de atores que participam deste processo e conectam os três níveis do saber é denominado a **Noosfera**, um ambiente de ação que compreende as pessoas, instituições, personagens, autores de livros didáticos, representantes políticos, pais de alunos, interesses, necessidades, o próprio sistema de ensino e todos os demais envolvidos no processo de aprendizagem.

O Saber Sábio, ou original, construído no interior da comunidade científica, é considerado o nível mais alto do saber, por ser o protagonista nas mudanças dos outros saberes, sendo tomado como referência.

O Saber Sábio é criado em um contexto de descoberta. Essa busca se inicia no âmbito pessoal do cientista e passa a ser formalizada por análises e julgamentos, sendo adequada às normas e linguagem imposta pela comunidade científica, até tomar uma forma sistemática, impessoal e depurada. Neste primeiro nível, o saber sofre uma Transposição Científica (Alves Filho, 2001), caracterizada pela despersonalização do saber até sua publicação como saber sábio, formal.

Após tal publicação, inicia-se o processo de “Transposição Didática Externa”, definido por Chevallard, em que o **Saber Sábio** se adapta ao **Saber a Ensinar**.

A Transposição Didática Externa se efetiva por meio da materialização deste conhecimento em livros didáticos, manuais de ensino e programas escolares destinados aos alunos universitários e professores do Ensino Médio. Aqui, o **Saber Sábio** é reestruturado e reorganizado visando uma maior proximidade com a escola, com o currículo oficial, com o alcance dos alunos a tal conhecimento.



Assim que o conhecimento passa do campo do Saber Sábio para o do Saber a Ensinar ele sofre uma reorganização. Inevitavelmente, o conhecimento é despersonalizado, descontextualizado e revalidado como uma sequência lógica a ser repassada aos jovens estudantes.

Porém, há aqui uma diferença importante entre os saberes resultantes destes dois primeiros níveis. Dependendo das necessidades da Noosfera, o Saber a Ensinar e seus objetos podem tornar-se obsoletos e serem descartados quando não contribuírem eficientemente no aumento da aprendizagem. Isso não ocorre com o Saber, já que, uma vez legitimado e aceito pela comunidade científica, torna-se parte da cultura da humanidade.

No processo de passagem entre Saber a Ensinar e Saber Ensinado, denominado Transposição Didática Interna, transcorre uma adaptação ao tempo didático, resultando no sequenciamento das aulas que serão ministradas aos alunos.

### *3.4.2 Processos de Transposição*

O conhecimento que chega ao aluno sofre dois recortes em seu processo de transposição didática.

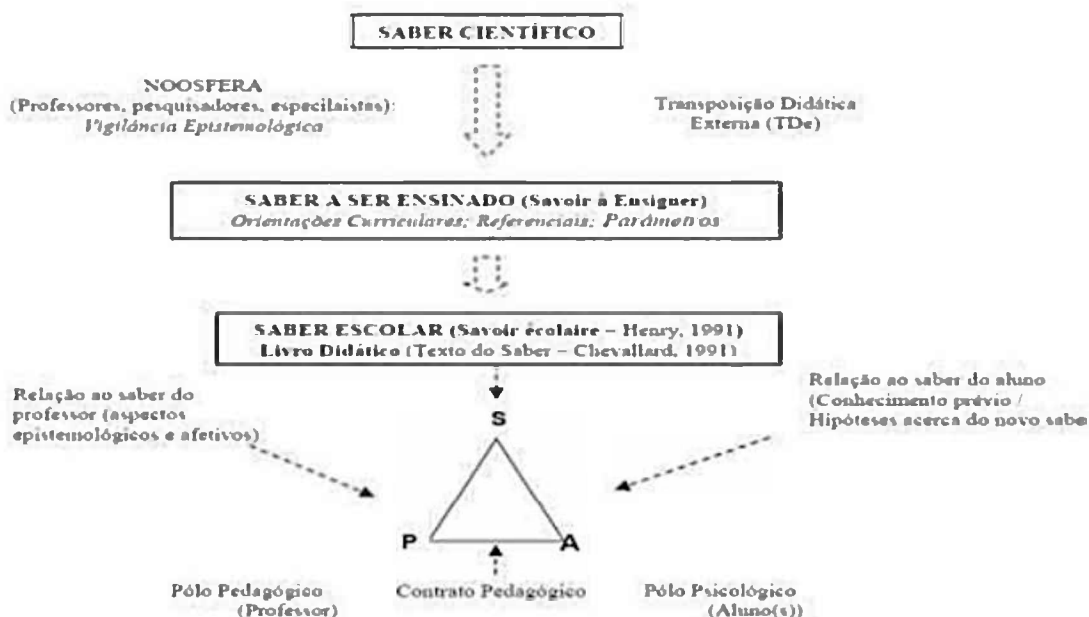
Primeiro, há a Transposição Externa (fora da escola), onde os pesquisadores adaptam o Saber Sábio ao tempo didático, criando uma sequência de aulas e, portanto um Saber a Ensinar. Segundo, há a Transposição Interna (dentro da escola), em que o professor, no objetivo de facilitar a compreensão de seus alunos àquele conhecimento, transforma o Saber a Ensinar em Saber Ensinado.

A cada etapa desta transposição, o saber sofre interferências de diversos membros da Noosfera, criando, de acordo com os interesses dos membros envolvidos, um novo ambiente epistemológico, sendo que quanto mais interna a transposição, maior será a instabilidade deste ambiente.

Este processo de Transposição Didática também pode ser compreendido por adequações nos tempos de interação com o conhecimento que cada ambiente assume para si, e em contínua negociação com os atores da Noosfera.

O professor, ao realizar o planejamento de suas aulas, está adequando o “tempo real” (todo processo de construção de um Saber) ao “tempo didático” (duração do plano ou programa escolar), e deve, neste momento, buscar junto aos outros membros da Noosfera, artifícios para que o tempo didático e o “tempo de aprendizagem” (tempo necessário para assimilação do conhecimento pelo aluno) estejam o máximo possível

ajustados, contribuindo para a eficácia do processo de disseminação do conhecimento que está representado na Figura 8.



**Figura 8:** Trajetória entre o Saber Sábico (saber científico) ao Saber Ensinado (saber escolar).  
**Fonte:** Valadares, 2011.

Nossa Transposição também buscou considerar os interesses e todos os elementos da Noosfera. Assim, por exemplo, os novos rumos do currículo nacional, representado pela BNCC, as necessidades da comunidade escolar, representadas pelo PPP da escola e pelo estudo do perfil do Ensino Médio Noturno, além, é claro, dos conhecimentos e práticas dos próprios alunos, extraídas da convivência diária com eles.

### 3.4.3 Características de sobrevivência do saber

De acordo com Chevallard, para que um determinado Saber consiga superar o processo de Transposição Didática e realmente alcançar os alunos, ele deve possuir algumas características.

- i. O Saber deve ser **consensual** na comunidade científica, assim como deve estar atualizado, seja quanto à sua importância e relevância social, seja pela concordância com a ciência vigente. Caso contrário, torna-se conceito superado e deve ser abordado apenas em uma perspectiva histórica;
- ii. Buscar ser **atualizado**, tanto moralmente em alinhamento com os currículos e com importância reconhecida pela comunidade, além de

buscar ser atualizado historicamente no seu campo de conhecimento específico;

- iii. Tem que ser **operacional**, com potencialidade de gerar atividades capazes de serem avaliadas;
- iv. Possuir uma **criatividade didática**, ou seja, a capacidade construir atividades que serão de uso exclusivo da escola;
- v. Além disso, deve ser **terapêutico**, ou seja, adaptável ao sistema didático.

#### *3.4.4 Regras da Transposição Didática*

Astolfi (1997) estipulou 5 atributos (ou regras) que descrevem o processo de transformação do Saber Original em Saber Ensinado.

A primeira refere-se à necessidade de uma **modernização** constante dos saberes escolares que acompanhem o alto índice de modernização e desenvolvimento tecnológico que chega a população em geral.

A segunda refere-se à necessidade de constante **atualização do Saber** no sistema didático, por meio da constante renovação curricular no sistema educativo.

O terceiro atributo refere-se a uma adequada **articulação** entre o Saber Antigo e o novo Saber que se pretende introduzir, já que pode ser necessário conservar alguns elementos do Saber Antigo. Além disso, quando tal articulação não é feita de maneira satisfatória, podem ser geradas dificuldades na condução do processo de ensino, já que surge dessa má articulação um estado de dúvidas e questionamentos permanentes sobre tais Saberes, visto que sempre haverá um novo Saber para negar o anterior. Dessa forma nenhum saber seria confiável.

O quarto atributo diz respeito à **capacidade pedagógica** do Saber de ser desdobrado em exercícios e problemas. O processo avaliativo é fundamental no sistema educativo. Portanto, os saberes que apresentarem maior capacidade e possibilidade geradora de exercícios e problemas, ganharão destaque e prioridade na Transposição Didática.

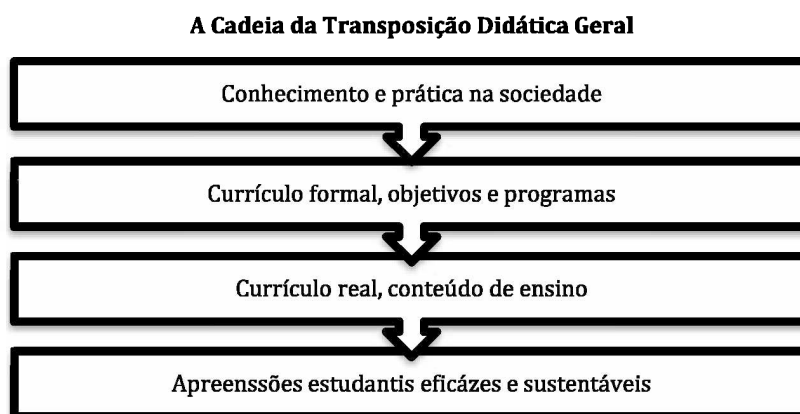
O quinto atributo, por sua vez, refere-se a uma **adaptação na linguagem** utilizada para alcançar o aluno de maneira mais facilitada. É importante aproximar a linguagem à realidade da comunidade, tornando os conceitos mais compreensíveis e melhorando assim o aprendizado.

### 3.4.5 Práticas Sociais de Referência e a Transposição Didática Geral

Em 1983, Martinand introduziu a noção de Práticas Sociais de Referência na Transposição Didática de Saberes. O conceito de Práticas Sociais de Referência é distinto do de Transposição Didática; sua origem foi de estudos de didática no campo das ciências experimentais e tecnológicas.

Apesar da distinção, Martinand (2003) identificou uma Transposição Geral mais abrangente, que incorpora tanto a Transposição Didática entre os saberes acadêmicos e o conhecimento ensinado, bem como uma Transposição entre as práticas de referência dos alunos e as atividades escolares.

Quando o aluno reconhece no problema, exemplo ou exercício uma prática social com a qual ele tenha uma relação de proximidade, tal problema se torna mais atrativo a este aluno, pois há uma identificação e significação maior daquele Saber. Além de aumentar as possibilidades desse Saber ser aprendido pelo aluno, as Práticas Sociais de Referência podem servir ao professor como um guia de análise da funcionalidade e eficiência do Saber Ensinado (ver Figura 9).



**Figura 9:** A cadeia da Transposição Didática Geral que inclui a Transposição do conhecimento (de saberes) e das práticas sociais.

**Fonte:** Perrenoud, 1998.

Deste modo, elaboramos o material do Produto Educacional considerando as regras de Transposição numa perspectiva da Transposição Didática Geral. Assim, esperamos garantir maior eficácia à presente Proposta Didática.

### 3.4.6 Obstáculos à Transposição Didática de Física de Partículas

As regras de transposição apresentadas parecem limitar a sobrevivência de conteúdos que se descolem dos conhecimentos que já estão consolidados no Saber Educacional Tradicional.

Isto gera um impasse para a abordagem de Física de Partículas, que se pretende trabalhar numa perspectiva educacional diferente da tradicional. Neste sentido, é preciso levar em consideração que

“Ao buscar uma nova “rota” para a transposição didática, estaremos abertos ao estabelecimento de novas “regras” nas quais possa se vislumbrar a acomodação entre os requisitos da ciência com aqueles da sala de aula. Esse novo Saber Escolar deve ser avaliado em termos da motivação que ele gera e de seu sucesso entre os alunos. Porém agora o sucesso deve também ser visto no sentido de entendimento, prazer e significação e não apenas em termos de adaptabilidade.” (Brockington and Pietrocola, 2005)

Deste modo, ao assumir a necessidade de inovação curricular, faz-se necessário encontrar caminhos para apresentar um Saber Ensinado que represente valor para a comunidade escolar.

O referencial teórico selecionado para embasar nossa Proposta Didática, numa perspectiva dialógica e centrada na Aprendizagem Significativa, vai de encontro à percepção de que:

“Parece-nos possível introduzir conteúdos modernos através de uma transposição didática centrada em atividades que tenham uma maior ênfase na argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento” (Brockington and Pietrocola, 2005)

Portanto, o corpo teórico formado neste referencial se reforça do ponto de vista da aprendizagem e também daquele curricular, formando uma base educacional que compreende o campo epistemológico e prático.

Assim, utilizaremos essas três abordagens em conjunto para construir nosso produto educacional e concretizá-lo a partir de uma sequência didática apropriada.

## Capítulo 4

### Fundamentação e Estrutura da Proposta Didática

#### 4.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados os elementos componentes da Proposta Didática e a metodologia de aplicação da Proposta Didática, conectando-a ao referencial teórico apresentado no capítulo anterior.

Em uma primeira síntese, este produto educacional foi elaborado para compor uma abordagem sequencial que tem como objetivo, propor uma alternativa educacional para o ensino-aprendizagem de tópicos de Física de Partículas, dando ênfase à aprendizagem significativa e à maturação de diálogos críticos por parte dos alunos.

Tal alternativa foi desenvolvida originalmente para alunos de 1º ano do Ensino Médio do período noturno do Centro Educacional Fercal, localizado na Fercal (31º Região Administrativa do DF), cidade satélite de Brasília – DF.

A aplicação transcorreu com a turma entre 14 de maio e 10 de julho e contemplou um bimestre letivo. A escola adota o sistema de semestralidade.

Evidentemente, esta Proposta Didática tem a intenção de ser útil em diversos contextos educacionais. Entretanto, reforça-se que o perfil dos alunos e da comunidade escolar sujeitos à aplicação do material influencia o resultado final do produto.

#### 4.2 Estrutura da Proposta Didática

A Proposta Didática é definida neste trabalho como os insumos educacionais que proporcionam ao professor a capacidade de executar todos os episódios de ensino do curso proposto. Ou seja, o conjunto harmônico formado entre Produto Educacional e Sequência Didática.

Sugere-se fortemente que o professor interessado em aplicar a presente Proposta Didática tome conhecimento dos termos e da fundamentação teórica, visando um melhor aproveitamento do produto educacional. Reforçando que, o alinhamento metodológico é essencial para que o professor cumpra com as expectativas teóricas de ensino-aprendizagem pré-estabelecidas pela presente Proposta Didática.

Em seguida apresentam-se de maneira sucinta os elementos da Proposta Didática que serão posteriormente aprofundados nas suas respectivas seções.

#### *4.2.1 Guia da Sequência Didática*

O Guia da Sequência Didática apresenta as relações entre as ações didáticas e os conteúdos explorados na Proposta Didática, visando apoiar a aplicação desta proposta e descrever com precisão os eventos aplicados na pesquisa.

##### *i. Perfil da Sequência Didática*

Descrição da Sequência Didática como um todo que traz as informações básicas de cunho didático-pedagógico acerca da Sequência Didática, isto é: tema, objetivo geral, público alvo, tempo estimado, metodologia, formas de avaliação (ver Quadro 1).

##### *ii. Roteiro da Sequência Didática*

Exposição detalhada das ações pedagógicas a serem tomadas pelo professor em cada aula, indicando a aplicações do material didático e especificando atitudes do professor em sala de aula, está organizada por Bloco de Atividades (ver Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4).

##### *iii. Organização dos conceitos da Sequência Didática*

Mapeamento dos conceitos trabalhados em cada Bloco de Atividades da Sequência Didática. Também contém uma lista das principais ações filosóficas exemplificando questionamentos e problematização dialógicas como sugestões para o professor explorar as abordagens transversais filosóficas (ver Quadro 5).

#### *4.2.2 Produto Educacional*

O produto educacional resultante do trabalho aqui relatado pode ser encontrado nos Anexos A, B e C e é formado por: material das seções de leitura reflexiva com textos reflexivos autorais e planos de discussão, atividades pedagógicas e ferramentas de avaliação.

##### *i. Textos Reflexivos*

Os textos reflexivos desenvolvidos para as seções de leitura são autorais e tiveram como inspiração os textos contidos no material de Matthew Lipman. Visam construir uma narrativa que favoreça diálogo a partir de elementos do cotidiano e da linguagem dos alunos (ver Anexo B).

Neste sentido, foi criada uma história que se separou em três episódios, com o seguinte mote: uma jovem periférica e destemida desvenda com suas perguntas e um

pedaço de tijolo os incríveis mistérios das partículas elementares. A cada pergunta sua mente fica mais “afiada” e suas descobertas mais impressionantes!

## *ii. Planos de Discussão*

Os Planos de Discussão de apoio ao professor contém sugestões de perguntas-chave para intervir junto às Comunidades de Investigação durante as Seções de Leitura Reflexiva, além de Exercícios Reflexivos e Desafios para complementar as atividades de sala de aula. Foi elaborado um Planos de Discussão para cada Bloco de Atividade da Sequência Didática, deste modo, os Planos de Discussão são temáticos (ver Anexo B).

## *iii. Atividades Pedagógicas*

As Atividades pedagógicas propostas trabalham com estratégias pedagógicas diversas (i.e. atividades lúdicas, jogos, leitura de textos jornalísticos, interpretação de vídeos, leitura de histórias, simulações computacionais, listas de exercícios objetivos), (ver Anexo B).

## *iv. Ferramentas de avaliação*

Além dos resultados das atividades pedagógicas, a Proposta Didática faz uso de quatro Ferramentas de Avaliação que foram desenvolvidas abarcar aspectos diagnósticos, formativos e comparativos, buscando evidências de aprendizagem significativa dos alunos ao longo da Sequência Didática (ver Anexo C).

## **4.2 Fundamentos e aplicação da Proposta Didática**

A Sequência Didática será separada em três Blocos de Atividades organizados por temas e com uma estrutura similar que se inicia com uma Seção de Leitura Reflexiva acerca de Texto Reflexivo seguida de 3 a 5 atividades individuais ou em Comunidades de Investigação, com estratégias pedagógicas diversificadas.

Como os Planos de Discussão são temáticos, eles oferecem ao professor flexibilidade às ações didáticas dos Blocos de Atividades, pois seus exercícios podem ser aplicados pelo professor com o objetivo de equilibrar o conhecimento dos estudantes. Deste modo, os Planos de Discussão também são alternativas para o professor abordar a desigualdade do conhecimento prévio dos alunos, e assim, serem aplicados em casos onde os alunos precisam de algum reforço conceitual ou quando é possível realizar aprofundamentos conceituais por meio dos desafios.



Deste modo, os desafios podem ser sugeridos pelo professor para aqueles alunos mais avançados, enquanto os exercícios investigativos podem servir como revisão para aqueles alunos que não precisam reforçar algum aspecto fundamental na estrutura conceitual para assimilar os conceitos das atividades seguintes.

Visando facilitar o acompanhamento individual dos alunos e enriquecer a avaliação formativa, disponibiliza-se um Mapa de Levantamento de Perguntas. Este mapa será preenchido pelos alunos durante a execução de todas as atividades e a cada vez que forem feitas perguntas o professor irá solicitar que os alunos preencham este mapa, principalmente durante a Seção de Leitura Reflexiva.

O objetivo das Seções de Leitura Reflexiva é contribuir com a formação de Pensamentos de Ordem Superior por parte dos alunos, a partir da maturação do processo dialógico em comunidades de investigação visando alcançar o diálogo-crítico (Lipman, 2003). Deste modo, durante as Seções de Leitura Reflexiva serão estimuladas ações filosóficas como a inferência, a diversificação de opiniões e pontos de vista, a coerência discursiva, a construção de definições, a identificação de falácias, a elaboração de linha de raciocínio lógico, a suposição, o agrupamento de ideias etc.

De acordo com Lipman, (2003, p.166-175) as habilidades discursivas do aluno são decisivas para desenvolver suas habilidades de pensamento. As habilidades discursivas envolvem, por exemplo, a habilidade de leitura e interpretação de texto. Portanto, a seção de leitura reflexiva permite ao professor auxiliar os alunos no desenvolvimento de habilidades de pensamento, sempre com foco no desenvolvimento da autonomia destes alunos, evitando dar respostas prontas, mas sim trabalhar discursivamente, através do diálogo, a construção de um consenso (Gowing, 1981, p. 81-83).

Os textos reflexivos, como prevê Lipman et al (1997), são ricos em situações cotidianas que pretendem levar à uma reflexão sobre da realidade dos alunos e assim, com uma linguagem próxima à deles, alcançar situações de diálogo crítico que provoque o desequilíbrio necessário para modificar suas perspectivas (Dinis, 2011, p. 34).

Os diálogos e investigações promovidas na Seção de Leitura Reflexiva de cada bloco também servirão como pano de fundo para apoiar cognitivamente a formação de subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos (Moreira, 2006, p. 25-33). Funcionam, portanto, também como organizadores prévios.

Em tese, com o enriquecimento do conjunto de conceitos aos quais os alunos terão acesso, e com a maturação do processo de diálogo crítico ao longo das reflexões e

investigações em comunidade de investigação, haverá uma maior ocorrência da retenção de conceitos por meio das duas formas de aprendizagem significativa: subordinada e superordenada. Favorecidas, respectivamente, pelo constante processo de reconciliação integrativa e diferenciação progressiva, oportunizados durante os diálogos e atividades da Sequência Didática. Ou seja, uma apropriação significativa de conceitos, favorecendo meios eficazes de deliberadamente levar a mudanças na estrutura cognitiva (Ausubel, 1968, p. 8).

As atividades propostas nos Blocos de Atividades devem ser adequadas pelo professor de acordo com a análise de um pré-teste (Mapeamento do Conhecimento), realizado no primeiro encontro da Sequência Didática, buscando potencializar a Aprendizagem Significativa de conceitos (Ausubel, 2000) de acordo com o conhecimento prévio dos alunos.

Vale ressaltar que as atividades propostas neste material estão alinhadas à realidade dos alunos de ensino médio regular noturno da periferia da cidade de Brasília – DF. Contudo, a metodologia atual pode sofrer ajustes relativamente simples para se adequar a cada realidade educacional, tomando-se o cuidado de respeitar os princípios da aprendizagem significativa.

Pela natureza teórica sobre a qual o produto educacional assenta-se, aplica-se nesta sequência uma abordagem interdisciplinar que têm dupla finalidade: fortalecer a estrutura conceitual e desenvolver as habilidades de pensamento dos alunos.

Como vimos (Moreira, 2006), a estrutura cognitiva se enriquece através da diferenciação progressiva, ou seja, o deslocamento entre conceitos inclusivos e conceitos específicos favorecendo a aprendizagem significativa a partir de interações sucessivas que levam dos conceitos mais inclusivos para os conceitos específicos.

Enquanto, as habilidades de pensamento solidificam-se a medida que a investigação recrudescer e a comunidade de investigação se corrige, levando os indivíduos a retificarem seus discursos e raciocínios.

É importante enfatizar que os Blocos de Atividade não estão desconectados entre si: eles foram desenhados de modo a explorar conceitos dos Blocos anteriores, as ditas circunstâncias de conciliação. Como aludido pela teoria Ausubeliana, para alcançar uma aprendizagem significativa, além da diferenciação progressiva, também é necessário chamar atenção para diferenças e similaridades relevantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes entre conceitos para assim alcançar a Reconciliação Integrativa (Moreira, 2006, p. 30).

Buscou-se introduzir, no início de cada atividade, organizadores prévios que devem reforçar conceitos fundamentais para trabalhar as investigações que vêm a seguir. Nestes momentos, em especial, o professor pode resgatar os diálogos e investigações realizados anteriormente para, assim, organizar as ideias, recomodar conceitos, delimitar definições.

O papel do Professor durante essa sequência é, principalmente, o de mediador, voltando a maior parte de sua atenção para os questionamentos e observações colocados pelos alunos. Esta mediação tem como objetivo alimentar o diálogo crítico através de ações filosóficas, aprofundando a conversação (Silva De Souza, 2006). Assim, o professor deve trabalhar como um orquestrador de habilidades de pensamento, motivando a mais plena e criteriosa investigação da realidade possível (Lipman, 2003).

Os materiais propostos neste produto educacional também foram desenvolvidos tendo em vista conceitos da transposição didática de Chevallard (1991), ressaltados no referencial teórico da dissertação, destacando-se, as práticas sociais de referência e a passagem entre o saber original e o saber ensinado.

Os materiais propostos nestas atividades foram desenvolvidos a partir de materiais de pesquisas em Ensino de Física de Partículas alinhadas às bases teóricas aqui apresentadas (Brockington & Pietrocola, 2005; Siqueira & Pietrocola, 2006; Calheiro, 2014; Junior, 2014; Lozada, 2007; Maia, 2011)

Contudo, os conceitos da área da Física serão perpassados por outras disciplinas de modo transversal, desenvolvidos nos diálogos críticos mencionados anteriormente. Tal natureza interdisciplinar é essencial para potencializar as hipóteses, as evidências, as capacidades de pensamento e por isto deve ser estimulada (Silva De Souza, 2006).

Portanto, a Sequência Didática se propõe a enriquecer os diálogos contribuindo para o Pensamento de Ordem Superior e a aquisição de conceitos por parte de cada aluno. Para atingir essas metas, o material deve levar em consideração, em primeiro lugar, o cotidiano dos alunos para que o novo saber possa servir de referência para o saber a ser ensinado (Siqueira and Pietrocola, 2006).

São as práticas sociais de referência que guiaram a confecção do material. Com isso, é dada ênfase àquilo que o aluno traz como bagagem pessoal, o que favorece, por meio da aproximação ao cotidiano, uma conversação eficaz sobre os conceitos da Física, uma vez que é preciso valorizar o “papel da estrutura cognitiva existente do aluno na aquisição, retenção, organização e transferência de novos significados” (Ausubel, 2000, p. 12).

A avaliação buscará abarcar aspectos diagnósticos, formativos e comparativos, buscando evidências de aprendizagem significativa dos alunos ao longo da Sequência Didática. A avaliação está baseada nos resultados das atividades propostas e em quatro ferramentas de avaliação:

- i. Pré-teste;
- ii. Pós-teste;
- iii. Autoavaliação;
- iv. Mapas de perguntas.

O pré-teste funciona como avaliação diagnóstica norteando o que e como o professor deve ensinar para fazer melhor proveito do material educacional disponibilizado e também como avaliação comparativa quando associada ao pós-teste que testa os mesmos conceitos testados no pré-teste.

Não podemos subestimar esta etapa da avaliação. Ao contrário, ela é central para os princípios que regem esta dissertação e seu produto educacional. Assim, como vimos, Ausubel nos diz que:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine- o de acordo” (Ausubel, 2000, prefácio).

Por ser uma Sequência Didática que propõe a expressão dos alunos em diferentes suportes: texto, discurso oral, testes objetivos, imagens, buscou-se selecionar ferramentas que evidenciassem a competência dos alunos ao aplicar os conceitos estudados. Para tanto são utilizados, a autoavaliação, os mapas de perguntas e os resultados das atividades propostas.

A fim de obter uma visão mais geral do desempenho acadêmico dos alunos, que integre o saber dizer e o saber fazer (Caballero, 2011, p. 3), o professor precisa contemplar os três diferentes tipos de avaliações: diagnóstica, formativa e comparativa.

É importante reforçar que a finalidade da Sequência Didática é a aprendizagem significativa de conceitos por parte dos alunos. Ou seja, “o aluno, com sua identidade particular, é o ponto de partida para a organização do ensino que, por sua vez, só terá sido bem sucedido se o aluno, agora como ponto de chegada, tiver aprendido significativamente” (Lemos, 2005, p. 41).

### 4.3 Perfil da Sequência Didática

A proposta de Sequência Didática deste trabalho está apresentada em duas partes: seu perfil geral e os roteiros com a descrição das aulas da Sequência Didática.

A Sequência Didática, como pode ser visto no Quadro 1 foi estimada inicialmente para ocorrer em 30 h/a. considerando a hora-aula de 45 minutos. Entretanto, a aplicação ocorreu em 26 h/a; ainda assim, sugere-se que as 30h/a sejam utilizadas por conta das atividades de montagem e mural e apresentação oral que podem se estender de acordo com o tamanho da turma. Das 28 h/a utilizadas 6 horas-aula são para as Seções de Leitura Reflexiva, 15 horas-aula para a aplicação das atividades (incluindo-se revisões e *feedbacks*), 2 horas-aula para a palestra, 1 hora-aula para confecção de mural, 2 horas-aula para apresentação oral, 2 horas-aula para aplicação das avaliações (incluindo-se o pré-teste, o pós-teste e a autoavaliação).

Não foram contabilizadas na estimativa de tempo as atividades extraclasse que incluíam pesquisa e/ou desafios e exercícios investigativos solicitados individualmente pelo professor.

Quadro 1: Perfil da Sequência Didática.

<b>Tema: “Física de Partículas Elementares”</b>	
<b>Campo do conhecimento: Física</b>	
<b>Dimensões pedagógicas</b>	Conceitual, Procedimental e Atitudinal baseadas nas competências do BNCC <sup>4</sup> e no Currículo em Movimento do DF <sup>5</sup> .
<b>Público alvo</b>	1º ano do Ensino Médio – Turno noturno.
<b>Duração estimada</b>	30 h/a.
<b>Objetivo geral da Sequência Didática</b>	Facilitar a aprendizagem da rede de conceitos que envolvem o modelo padrão de partículas através da introdução de conteúdos de Física de Partículas Elementares, Cosmologia e Astrofísica e Física Nuclear.
<b>Trabalho investigativo cooperativo</b>	Resolução de problemas em grupos de quantidades variadas de estudantes (Comunidades de Investigação).
<b>Abordagem pedagógica</b>	a) <b>Centrada no aluno:</b> Reforçar a participação ativa dos alunos em atividades individuais e colaborativas; b) <b>Interdisciplinar:</b> Promover os conceitos estabelecendo

<sup>4</sup> A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) pode ser encontrada em: <http://www.bncc.com.br>

<sup>5</sup> O currículo em movimento da educação básica da Secretaria de Educação do DF pode ser encontrada em: <http://www.se.df.gov.br/curriculo-em-movimento-da-educacao-basica-2/>

	contatos com a <b>Astrofísica</b> , <b>Cosmologia</b> , <b>Matemática</b> , <b>Química</b> , <b>Filosofia</b> , <b>Biologia</b> , <b>História</b> , <b>Sociologia</b> , <b>Artes</b> , <b>Língua Portuguesa</b> .
<b>Metodologia</b>	<p><b>a) Aulas dialógicas:</b> Voltadas para a reflexão e a construção coletiva de conhecimento;</p> <p><b>b) Diversidade pedagógica:</b> atividades lúdicas, jogos, leitura de textos jornalísticos, interpretação de vídeos, montagem de mapa conceitual, simulações computacionais, listas de exercícios objetivos, pesquisas sobre temas de FMC, participação em debates e palestras.</p>
<b>Avaliação dos alunos</b>	Avaliação diagnóstica, formativa, comparativa considerando os resultados de cada aluno nas atividades propostas. Tendo como referência os seus conhecimentos prévios.
<b>Avaliação da aprendizagem</b>	<p><b>Avaliação Qualitativa:</b> Analisar resultados dos alunos nas atividades subjetivas buscando por evidências de aprendizagem de conceitos;</p> <p><b>Avaliação Quantitativa:</b> Comparação entre resultados objetivos dos pré e pós-testes.</p>
<b>Avaliação da Sequência Didática</b>	<p><b>Opinião dos alunos:</b> Coletar visão dos alunos acerca da sequência em uma autoavaliação;</p> <p><b>Opinião do pesquisador-professor:</b> baseado no resultado da avaliação da aprendizagem e nas observações qualitativas do processo de ensino-aprendizagem.</p>

#### 4.4 Roteiro da Sequência Didática

A Sequência Didática foi estruturada em três blocos temáticos de atividade. Cada episódio de ensino (formado por uma aula simples de 45 minutos ou por aulas duplas de 90 minutos) é descrito a partir das ações mínimas a serem abordadas do ponto de vista do professor. Para tanto, os blocos estão descritos juntamente com as orientações pertinentes sobre a aplicação do Plano de discussão.

Sugere-se que tal aplicação se dê ao menos uma semana antes do início do Bloco 1 de atividades, para que o professor possa ajustar as atividades e planejar qual será seu aprofundamento diante do contexto dos seus alunos.

#### 4.4.1 Bloco 1 de Atividades

No Bloco 1 de atividades, ver Quadro 2, é destacada a composição atômica da matéria a partir da investigação sobre as estruturas e dimensões daqueles que seriam os blocos fundamentais da natureza. As reflexões acerca da construção científica de conhecimento também tomam forma neste bloco de atividades.

**Quadro 2:** Bloco 1 de Atividades - Composição da Matéria e suas dimensões.

<b>Bloco 1 de Atividades</b> <b>Composição da Matéria e suas dimensões.</b>	
<b>Aula 1</b>	Mapeamento do conhecimento prévio (pré-teste)
<b>Aulas 2 e 3</b>	<p>Seção de Leitura Reflexiva – Texto 1: Laura e o Universo.</p> <p><b>Leitura em grupo:</b> A turma será organizada em formato de “U” para realizar a leitura em grupo do texto. Enquanto a turma se organiza o professor distribui os Planos de Discussão e os Mapas de Perguntas que serão utilizados pelos alunos durante a esta Seção de Leitura Reflexiva.</p> <p><b>Espaço de diálogos e reflexões:</b> O professor deve estar atento para as perguntas e reações dos alunos durante toda a leitura. Ao fim da leitura deve então iniciar o diálogo levantando as perguntas dos alunos para entender quais foram os pontos principais anotados por eles. Em seguida o professor intervém estimulando um debate eficaz entre os alunos e procurando levar os alunos a participar ativamente por meio de reflexões, perguntas, comparações, ideias, visões, contrapontos.</p> <p><b>Intervenções durante o diálogo:</b> o Plano de Discussão pode ser utilizado para inspirar o professor com perguntas-chave e com a proposição de situações-problemas que podem ser realizados para dinamizar o diálogo. Registre as principais reflexões para utilizar como insumo na próxima aula.</p> <p>Ao fim da aula o professor recolhe os Mapas de Perguntas e esclarece que os alunos podem encontrar Exercícios Investigativos e Desafios nos Planos de Discussão. O professor também pode indicar algum exercício específico, caso ele identifique alunos que precisam de algum reforço.</p>
<b>Aula 4</b>	<p>Atividade 1: Mergulhando dentro dos tijolos da natureza.</p> <p><b>Organizador prévio – revisão:</b> inicie a aula retomando as principais reflexões do debate anterior sobre a composição da matéria. Reforce que existem muitas formas de determinar a composição da matéria e que essa investigação requer fazer a pergunta, mas não qualquer pergunta, e sim a pergunta certa para incentivar a interação dos alunos e o cuidado em escolher as palavras e as perguntas.</p> <p>Em seguida distribua os textos para os alunos e peça que tenham atenção ao texto para responder ao exercício no fim do texto. O</p>

	<p>professor media a leitura dos alunos retirando possíveis dúvidas e orquestrando as habilidades de pensamento. Como os alunos estarão tendo o primeiro contato com a suposta imagem do átomo, é fundamental que o professor esclareça que uma observação direta do átomo é extremamente complicada, ainda assim, os físicos trabalham com ideias do que seria um átomo.</p> <p>*Opcional: Mini-aula-expositiva: Caso o professor identifique que os alunos não tenham conhecimento sobre notação científica, antes que os alunos iniciem a resolução do exercício é realizada pequena exposição sobre os múltiplos e submúltiplos das unidades de medida e a conversão para notação científica utilizando os exercícios investigativos do Plano de Discussão.</p> <p>Propor para casa a resolução do Desafio 1 e do exercício investigativo 1.</p>
<p><b>Aula 5</b></p>	<p><b>Atividade 2: Fotografando o átomo.</b></p> <p>Situação-problema como organizador prévio: Antes de levar os alunos para a sala de informática, pergunte aos alunos “Como vocês poderiam apresentar a Laura da história? Quais é sua personalidade? Como vocês acham que ela seria se vocês a conhecessem na vida real?” tente coletar algum relato que caracterize a personagem da história para então antecipar que na atividade de hoje os alunos deverão compreender a definição de Átomo, quais suas características, do que ele é feito e o que o diferencia átomos de diferentes elementos. E reforce: é muito diferente caracterizar partículas e pessoas, mas essas ideias podem ajudar.</p> <p>Atividade-extraclasse: leitura de texto seguido de observação de vídeo e resolução de exercícios na sala de informática. O professor deve provocar os alunos para tentar imaginar a dimensão e a estrutura dos átomos para então eles responderem os exercícios.</p> <p>Propor para casa a resolução do Desafio 3 e exercícios investigativos 2 a 6.</p>
<p><b>Aulas 6 e 7</b></p>	<p><b>Atividade 3 – Ideias e modelos sobre os átomos</b></p> <p>Organizador prévio – Paradoxo do Modelo padrão moderno: inicie a aula com uma provocação “Como é possível existir tanta diversidade na natureza e o Modelo padrão moderno explicar tudo isso com apenas 12 partículas fundamentais?” revele que para chegar nessa conclusão a ciência tinha outras formas, muito diferentes, de explicar do que é formado a matéria. À medida que o conhecimento científico evolui, os modelos atômicos são aperfeiçoados explicando uma maior diversidade de fenômenos.</p> <p>Leitura e exposição inicial: distribua os textos da atividade para os alunos e em seguida, coordene a leitura em grupo, selecionando cada parágrafo para a leitura de cada aluno para responder ao exercício no fim do texto. O professor media a leitura dos alunos retirando possíveis dúvidas e orquestrando as habilidades de pensamento.</p>



	<p>Interação com Diagrama V - Construindo e desconstruindo ideias do átomo: Construindo e desconstruindo ideias do átomo: O professor desenha o diagrama V no quadro e vai preenchendo dinamicamente os seus campos com os alunos a partir dos debates desenvolvidos com a leitura de cada experimento. Sugerimos que o professor não preencha o diagrama antes de estimular a tentativa dos alunos. O professor deve aproveitar até mesmo as tentativas “falhas” dos alunos para indicar possíveis contradições e equivalências acentuando o nexo entre cada elemento do Diagrama até chegar em uma conclusão satisfatória para cada modelo. Ao chegar na conclusão, o professor deve apresentar a falha do modelo e então desenhar outro diagrama, sem apagar o anterior, repetindo o processo de construção do diagrama com uma nova palavra chave. Ao final o professor deve mostrar uma continuidade entre as formulações. Durante todo o debate estimule os alunos a notar a natureza construtiva e humana da ciência. Como conclusão integradora as figuras sobre a evolução dos modelos atômicas devem ser usadas.</p> <p>Propor para casa a resolução do Desafio 2.</p>
<p>Aulas 8, 9 e 10</p>	<p>Atividade 4 – Dinâmica de revisão: Enforcando a revisão</p> <p>Dinâmica dialogada e integradora: Escreva no quadro as forcas com as definições abaixo e inicie a dinâmica fazendo a leitura em voz alta da definição. A cada resposta, aproveite para nivelar os conhecimentos dos alunos e fazer um breve debate sobre o conceito. O professor não deve apagar os conceitos e as forcas respondidas. A cada novo debate o professor deve faz conexões entre os conceitos apostando nas comparações e diferenciações entre eles. Visando a motivação do grupo, essa atividade deve ser realizada com toda a turma, pois os alunos que acertarem a forca explicam para os colegas o que eles entendem pelo conceito trabalhado oportunizando novos debates. Problematizando e fortalecendo as definições formadas pelos alunos. As figuras sobre a evolução dos modelos atômicas devem ser usadas como apoio dos debates e argumentos da atividade 3.</p> <p>Ao fim da dinâmica, o professor confere previamente as atividades desenvolvidas no 1º bloco e convida os alunos em sua mesa para dar feedbacks e/ou chamar a atenção. Este deve ser também um momento que os alunos com dúvidas se sintam à vontade de ir até o professor reforçar as lacunas que ainda não foram resolvidas.</p>

#### 4.4.2 Bloco 2 de Atividades

Após a investigação da concepção atomística da matéria, os alunos vão explorar as ideias de classificação dos constituintes da matéria e suas interações, realizando um aprofundamento, a partir dos átomos e da força gravitacional, avançando para as partículas elementares e as forças nucleares. O Quadro 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a descrição das atividades que compõem o Bloco 2.

**Quadro 3:** Bloco 2 de Atividades – Entendendo a origem das coisas e suas interações.

<b>Bloco 2 de Atividades</b> <b>Entendendo a origem das coisas e suas interações</b>	
<b>Aulas 1 e 2</b>	<p><b>2ª Seção de Leitura Reflexiva - Texto 2: Sopa Cósmica</b></p> <p>Leitura em grupo: A turma será organizada em formato de “U” para realizar a leitura em grupo do texto. Enquanto a turma se organiza o professor distribui os Planos de Discussão.</p> <p><b>Espaço de debates e reflexões:</b> Os alunos se reúnem em Comunidades de Investigação e o professor pede para que eles tentem fazer o que pedem as instruções do Plano de Discussão em 25 minutos.</p> <p><b>Intervenção após diálogos em Comunidade de Investigação:</b> Passados os 25 minutos, o professor pede a atenção de todos e Pergunta “Após a leitura do texto e o diálogo, o que vocês entendem por força?” remetendo-se às forças intermoleculares que ocorrem no início da história. É importante pedir para os alunos citarem outros exemplos de forças à distancia presentes no cotidiano.</p> <p><b>Sugestão de Situação-problema:</b> Após o debate sobre forças o professor pergunta-chave para a turma, como: “Por que não é possível parar o tempo?” para então chegar à reflexão de “Como definir o tempo?”. O professor utiliza distinções e contrastes entre diferentes grandezas perguntando, por exemplo, “Posso dizer que o tempo e o espaço são a mesma coisa?”. Para enriquecer o debate o professor pode desenhar um quadrado no quadro e investigar junto aos o que poderia defini-lo. Após uma definição satisfatória, perguntar “qual a diferença entre um quadrado e um retângulo?”. Enfim, após as reflexões anteriores o professor leva os alunos da definição do tempo para a pergunta “Como caracterizar átomos e partículas? (...) Qual a diferença entre uma molécula de água e outra de álcool? (...) Qual a diferença entre um átomo e um elétron?” o professor revela as várias grandezas físicas, suas definições e equipamentos de medida.</p>
<b>Aula 3</b>	<p><b>Atividade 5 – Ondas e matéria (radiação)</b></p> <p>O professor distribui os textos e pede que os alunos leiam individualmente para realizar a cruzadinha corretamente.</p> <p><b>Demonstração-interativo:</b> Após os alunos iniciarem a leitura o professor convida um aluno para ajuda-lo a fazer uma demonstração de ondas numa corda. Ao fim, esclarece que a luz possui um comportamento ambíguo em algumas situações ela se comporta como uma partícula, chamado de fóton, em outras como uma onda, a chamada onda eletromagnética.</p> <p>O professor media o preenchimento da cruzadinha.</p>
<b>Aulas 4 e 5</b>	<p><b>Atividade 6 – Classificando os átomos</b></p>

	<p>Situação inicial leitura em grupo: Distribui-se o texto para os alunos, em seguida o professor seleciona os alunos para ler cada parágrafo do texto. O professor realiza no quadro o exemplo com os alunos confirmando se eles compreenderam o conceito de isótopos. Em seguida o professor define as propriedades físicas de um elemento escolhido por algum aluno. Se necessário, fazer mais exemplos até fixar a ideia para posteriormente solicitar que os alunos façam individualmente os exercícios.</p> <p>Propor para casa a resolução dos Desafios 1, 2 e 3.</p>
<b>Aulas 6 e 7</b>	<p>Palestra: Falando com o cientista – Formação dos átomos</p> <p>Antes do início da palestra o professor solicita que os alunos se preparem para fazer anotações das principais informações para incluir em uma resenha sobre a palestra.</p> <p>Aula explicativa apresentando as fases do universo desde o Big Bang associando essas fases à formação das partículas elementares, átomos e moléculas, por exemplo, a nucleossíntese. Também são apresentadas as reações de fissão e fusão nuclear esclarecendo o caminho para a formação de diferentes elementos atômicos através do. São explorados a estrutura das estrelas e seus tipos dentro do gráfico HR.</p> <p>Propor para casa a resolução do Desafio 4.</p>
<b>Aula 8</b>	<p>Confecção de cartazes: Linha do Tempo da Formação das Partículas</p> <p>O professor leva materiais de escritório para os alunos confeccionarem cartazes com a linha do tempo da formação das partículas e montarem um mural na sala de aula.</p>
<b>Aula 9</b>	<p><i>Feedback</i> com o professor</p> <p>Para finalizar o bloco 2, o professor confere previamente as atividades desenvolvidas e convida os alunos em sua mesa para dar feedbacks e/ou chamar a atenção. Este deve ser também um momento que os alunos com dúvidas se sintam à vontade de ir até o professor reforçar as lacunas que ainda não foram resolvidas.</p>

#### 4.4.3 Bloco 3 de Atividades

O terceiro bloco de atividades destina-se a investigar a detecção das subpartículas que existem no Universo. Além disto, será aprofundada a descrição do modelo padrão de partículas e as principais características das partículas elementares, como mostrado no Quadro 4.

**Quadro 4:** Bloco 3 de Atividades – Modelo Padrão e o Conhecimento como evolução.

<b>Bloco 3 de Atividades Modelo Padrão e o Conhecimento como evolução</b>	
<b>Aulas 1 e 2</b>	3ª Seção de Leitura Reflexiva - Texto 3: Descobertas e visões de Laura

	<p><b>Leitura em grupo:</b> A turma será organizada em formato de “U” para realizar a leitura em grupo do texto. Enquanto a turma se organiza o professor distribui os Planos de Discussão.</p> <p><b>Espaço de debates e reflexões:</b> Espaço de diálogos e reflexões: O professor deve estar atento para as perguntas e reações dos alunos durante toda a leitura. Ao fim da leitura deve então iniciar o diálogo levantando as perguntas dos alunos para entender quais foram os pontos principais anotados por eles. Em seguida o professor intervém estimulando um debate eficaz entre os alunos e procurando levar os alunos a participar ativamente por meio de reflexões, perguntas, comparações, ideias, visões, contrapontos.</p> <p><b>Intervenções durante o diálogo:</b> o Plano de Discussão pode ser utilizado para inspirar o professor com perguntas-chave e com a proposição de situações-problemas que podem ser realizados para dinamizar o diálogo. Registre as principais reflexões para utilizar como insumo na próxima aula.</p> <p><b>Sugestão de problematização:</b> Lembre-os que se quisermos ir além, descobrir os fundamentos das coisas, precisamos saber como encontra-los. Que já fomos além, descobrindo que poderíamos encontrar partículas ainda mais fundamentais que os átomos a partir de colisões altamente energéticas. Estimulando a curiosidade dos alunos e integrando com os conhecimentos desenvolvidos nos Blocos anteriores.</p> <p>Ao longo do debate o professor pode indicar algum exercício específico do Plano de Discussão, caso ele identifique alunos que precisam de algum reforço ou que tenha ficado curioso com o assunto.</p>
<p><b>Aulas 3 e 4</b></p>	<p><b>Atividade 7 – Mergulhando nas partículas subatômicas</b></p> <p><b>Situação inicial:</b> Separa-se os alunos em comunidades de investigação compostas por até 3 alunos e propõe-se que eles resolvam o jogo “Qual é a tua partícula”. É importante solicitar que os alunos ao final de uma rodada do jogo cada um escreva uma pergunta sobre a sua partícula, além das propriedades básicas de cada partículas.</p> <p><b>Mini-aula explicativa:</b> Após 15 minutos de jogo o professor pede a atenção dos alunos para apresentar novamente o Modelo Padrão e a forma de classifica-lo através das famílias de Quarks, Léptons, Bósons de Calibre. Ao final da explicação o professor pede que os alunos leiam suas perguntas sobre as partículas e as responde utilizando como base a imagem e as informações sobre o Modelo Padrão, procurando deixar bem claro as propriedades físicas de cada família de partículas.</p> <p><b>Propor para casa a resolução do Desafio 1.</b> Solicita-se que os alunos tragam a Tabela periódica para a próxima aula.</p>

<p><b>Aula 5</b></p>	<p>Atividade 8 - <b>Partículas elementares: Aonde estão os Quarks?</b></p> <p>Situação inicial: Primeiramente é solicitado que os alunos localizem o lítio dentro da Tabela periódica e que informem as propriedades físicas deste elemento.</p> <p>Em seguida distribui-se a atividade e esclarece que os alunos devem <b>fazer os exercícios sobre quarks</b>. Para isso eles podem utilizar o texto que faz um mergulho no núcleo atômico até “encontrar” a localização dos Quarks.</p> <p><b>Propor para casa a resolução do Desafios 2.</b></p>
<p><b>Aulas 6 e 7</b></p>	<p>Atividade 9 – <b>Como descobrir Partículas Elementares?</b></p> <p>Separa-se a turma em duplas para a preparação da pesquisa do Trabalho Final. Em seguida, distribuem-se as atividades e o professor convida os alunos a estudar a linha do tempo da descoberta das <b>partículas para que eles escolham a partícula que se aprofundarão na pesquisa</b>. Para finalizar a preparação, os alunos são levados a responder as perguntas básicas da pesquisa.</p>
<p><b>Aulas 8, 9 e 10</b></p>	<p><b>Apresentação do Trabalho final sobre a partícula estudada.</b></p> <p>O professor organiza a turma para a apresentação das pesquisas realizadas em comunidades de investigação.</p> <p><b>Revisão integradora dos conceitos:</b> É importante que o professor indague todos os grupos, de maneira curiosa e não incisiva, buscando problematizar as informações que os alunos trouxeram, de modo que se resgate as informações trabalhadas em toda a Sequência Didática, assim este será um momento rico de integração de conceitual.</p>
<p><b>Aula 11</b></p>	<p><b>Mapeamento do conhecimento assimilado (pós-teste) e aplicação de Autoavaliação.</b></p>

#### **4.5 Organização dos conceitos e habilidades trabalhados na Sequência Didática**

Dada a natureza reflexiva e interdisciplinar da Sequência Didática, cada bloco de atividades é organizado segundo eixos conceituais e abordagens filosóficas transversais que permeiam estes eixos e oferecem o duplo caráter da Sequência Didática reforçar a aprendizagem significativa e o diálogo-crítico.

Deste modo, primeiramente vamos pormenorizar a estrutura conceitual dos eixos que norteiam cada bloco de atividades, para posteriormente investigar as abordagens filosóficas transversais que embasam os diálogos a serem construídos ao longo dos blocos de atividades.

#### 4.5.1 Abordagem conceitual da Sequência Didática

Tomando as perguntas fundamentais “Do que as coisas são feitas? De onde as coisas vieram?” organizou-se o Bloco 1 em torno da composição da matéria e da origem das coisas. Em paralelo são trabalhadas as grandezas e medidas e a investigação científica que formam uma base para definir e estudar os componentes da matéria.

##### Eixos conceituais do Bloco 1:

1. Composição da matéria;
  - a. Estrutura macro da matéria;
  - b. Estrutura microscópica da matéria;
  - c. Modelos Atômicos;
2. Origem das coisas
  - a. Ciclos de Formação dos sistemas físicos;
  - b. Escalas dos sistemas físicos;
3. Grandezas e medidas;
  - a. Tipos de grandezas;
  - b. Notação científica;
  - c. Padronização das medidas;
4. Investigação Científica.

A partir das perguntas fundamentais “O que há de fundamental dentro dos átomos? Como as coisas interagem?” organizou-se o Bloco 2. Para abordar pela primeira vez o Modelo Padrão, o bloco de atividades inicia-se trabalhando os conceitos relativos às forças fundamentais e às radiações, para então aprofundar nas propriedades das partículas fundamentais.

Os tópicos de Física Nuclear fazem ligação com a estrutura atômica estudada no Bloco 1 e com a formação dos elementos na nucleossíntese estelar do *Big Bang*.

##### Eixos conceituais do Bloco 2:

1. Interações da natureza;
2. Conceito de átomos e modelos atômicos;
3. Classificação dos elementos atômicos;
4. Radiações;
5. Fusão nuclear e a nucleossíntese;
6. Modelo padrão das partículas.
  - a. Escala das partículas fundamentais;

No Bloco 3 os alunos vão diferenciar as formas de estudar partículas subatômicas e serão estimulados a responder às perguntas fundamentais: “Quais as regras por trás do Modelo Padrão? Como detectar partículas?” Ou seja, os alunos agora vão investigar mais a fundo os detectores modernos de partículas e qual o fundamento de

funcionamento desses detectores. Também se aprofundarão no conhecimento sobre as partículas.

*Eixos conceituais do Bloco 3:*

1. Detecção de partículas;
2. Modelo padrão das partículas;
  - a. Propriedades básicas das partículas fundamentais;
  - b. Classificação das partículas fundamentais;

*4.5.2 Perspectivas transversais da Sequência Didática*

É notável a importância de as atividades de reflexão serem orientadas por meio de pensamento que conduzem aos pensamentos de ordem superior.

Ao se introduzir reflexões filosóficas acerca dos textos, como por exemplo, “Onde e quando surgiram as coisas que estão aqui?” ou “Existem causas para o que nós vemos acontecendo?” o professor alimentará um clima de constante questionamento e formação de situações-problema.

Sempre atento às colocações dos alunos durante os diálogos, o professor buscará promover habilidades de pensamento dos alunos através da investigação por elementos que ofereçam alguma explicação para as situações estudadas. Elementos que possam sustentar as hipóteses dos alunos, um resumo das principais habilidades de pensamento e exemplos de problematizações e questionamentos que o professor poderá incluir nos diálogos reflexivos estão apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5: Ações filosóficas voltadas para desenvolver o diálogo-crítico.**

<b>Ações Filosóficas</b>	<b>Exemplos de Problematizações e Questionamentos</b>
<b>Formular perguntas.</b>	Percebe que nem todas as perguntas são boas? Vocês notaram que se a pergunta fosse feita de outra forma teríamos achado a resposta?
<b>Evitar estereótipos e generalizações.</b>	Apesar da proximidade, qual a diferença entre essas duas partículas? Essas diferenças modificam quais aspectos da partícula? Vocês ainda as consideram parecidas? Têm certeza que eles são idênticos?
<b>Provocar problematizações</b>	Ainda não concordei inteiramente com sua resposta, e quanto a isto aqui? Convém agente perguntar de novo, isto está correto?
<b>Obter pontos de vista ou opiniões.</b>	Por que você achou interessante esse incidente em particular? Existe algo nesse episódio que você acha que deveríamos discutir ou explorar?
<b>Ajudar os alunos a se</b>	

<b>expressarem.</b>	Parece que você está dizendo que...? Não poderia ser que...? Você está dizendo que...? O que eu ouvi você dizer foi que...? Eu tive a impressão de que...? Será que o que você está dizendo é que...? De acordo com o que eu ouvi você está dizendo que...? Assim como você vê isso... Corrija-me se eu estiver errado, mas será que isso...? Então, do seu ponto de vista...? Como eu entendi você...? Será que o que você está dizendo poderia ser colocado assim....
<b>Explicitar os pontos de vista dos estudantes.</b>	A ideia que você quer expressar é...? Eu poderia resumir assim a sua argumentação...? Você poderia dar um resumo rápido do que você está querendo dizer?
<b>Buscar coerência.</b>	Vocês realmente estão discordando um do outro, ou simplesmente estão dizendo a mesma coisa de maneiras diferentes? Parece-me que existe uma contradição direta entre estes dois pontos de vista...
<b>Solicitar definições.</b>	Quando você usa a palavra..., o que você está querendo dizer? Será que você poderia definir a palavra... que acabou de usar?
<b>Buscar pressuposições.</b>	Você está assumindo que...? O que você disse não pressupõe que...? O que você disse não se baseia na noção de que...? Você diria isso se não acreditasse também que...?
<b>Indicar falácias.</b>	É claro que acredito no que ele diz sobre política. Afinal, ele é melhor jogador do nosso futebol, não é? Falácia que consiste em apelar para a autoridade quando a pessoa em questão não é uma autoridade no assunto tratado...
<b>Pedir razões.</b>	Quais são as suas razões para dizer que...? O que faz você pensar que...? Por que você diz que...? Por que você acredita que a sua visão é correta? O que você pode dizer em defesa do seu ponto de vista?
<b>Pedir aos alunos que digam como sabem.</b>	Acho que vai chover. Como você sabe?
<b>Obter ou analisar alternativas.</b>	Você acreditaria que outras crenças sobre esse assunto seriam possíveis? De que outro modo esse assunto poderia ser visto? Alguém tem um ponto de vista diferente? Existem outras maneiras de ver esse assunto que sejam possíveis, embora falsas?
<b>Orquestrar uma discussão.</b>	Para dirigir uma discussão filosófica, temos que desenvolver uma sensibilidade para saber que tipo de pergunta é apropriada em cada situação e qual a sequência em que podem ser feitas.
<b>Agrupar ideias.</b>	Agrupar as sugestões semelhantes que fundamentam, justificam, esclarecem os questionamentos realizados.

**Fonte:** Elaborada baseada em Lipman (1997) (pg.156-176).



Para que o diálogo filosófico se faça presente, é necessário que professor consiga distinguir, em sua prática cotidiana, entre um simples bate-papo ou diálogo que os alunos estão desenvolvendo em sala de aula, e uma discussão filosófica ou uma proposição física. De acordo com o autor, uma discussão é, de fato, filosófica quando revela preocupação:

Em esclarecer os significados, descobrir as suposições e as pressuposições, analisar os conceitos, considerar a validade dos processos de raciocínio e investigar as simplificações das ideias e das consequências que tem para a vida humana sustentar certas ideias em vez de outras. (LIPMAN, 1995, p. 151).

Uma vez que os diálogos articulam discursos de diferentes disciplinas por não serem limitados disciplinarmente, a Sequência Didática também possui uma perspectiva interdisciplinar (Aiub, 2006).

Por exemplo, caso os fenômenos sejam analisados de um ponto de vista mais ontológico, epistemológico ou ético, estamos no campo da Filosofia e um tratamento lógico, objetivo e racional se faz necessário. Entretanto, quando os pressupostos pedem exames por modelos matemáticos abstratos a ser orientados pela investigação experimental, entramos no domínio da Física. Tais distinções precisam estar claras para o professor ter capacidade de complementar um discurso com o outro sem que comprometam um ao outro.

Por último, mas não menos importante, o professor precisa ter paciência para permitir a construção do discurso por parte dos alunos, com foco na autonomia destes.

Deste modo, o professor media os diálogos de forma indireta, liderando, sondando, questionando, desafiando os vários conceitos que os alunos produzem até que, em algum momento, a conexão entre conceitos e fatos é feita de forma adequada. Por isto buscou-se reforçar nos Textos Reflexivos atitudes geradoras de autonomia, como esforço, atenção, respeito, valorização à educação formal, entre outros.

## Capítulo 5

### Relato de experiência e discussão

Neste capítulo vamos apresentar a experiência de aplicação da Proposta Didática, que transcorreu entre os dias 14 de maio e 06 de agosto no Centro Educacional Fercal. Para tanto, caracterizaremos os sujeitos de pesquisa, e fazemos, em seguida, a análise do pré-teste e das adversidades ocorridas durante a aplicação. Com isso, relatamos cada uma das ações pedagógicas definidas no capítulo 4, para finalmente apresentar uma breve avaliação dos resultados coletados.

#### 5.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Como esta pesquisa tem um forte aspecto qualitativo, buscamos delimitar bem o contexto de ensino ao qual ela foi submetida e para tanto devemos investigar pontos cruciais da comunidade escolar.

O Plano Político Pedagógico (PPP)<sup>6</sup> da escola fornece as informações básicas para compreender a sua história, a situação socioeconômica dos alunos e a sua estrutura atual.

O da PPP da escola destaca algumas problemáticas observadas na realidade dos alunos:

Falta de estímulo para os estudos, falta de perspectivas de vida e trabalho, baixa autoestima, sexualidade exacerbada e mal conduzida, uso e venda de drogas nas redondezas, desestrutura familiar e dificuldade de aprendizagem. (CED FERCAL, 2018)

O Centro Educacional Fercal nasceu da demanda da comunidade para a criação de uma escola para atender os filhos de funcionários das pedreiras da região. Assim, a então Escola Classe da Fercal foi inaugurada em 1977.

Até o ano de 2010 a escola funcionava apenas no turno diurno, atendendo o Ensino Fundamental. De 2011 até 2015 foi implementado o turno noturno com o EJA. Apesar da grande adesão da comunidade ao formato EJA, a direção da escola resolveu substituir o público do turno noturno devido ao grande número de desistências ao longo do ano.

Hoje, a escola atende alunos vindos prioritariamente das comunidades Córrego do Ouro, Ribeirão, Catingueiro e Boa Vista e, havendo disponibilidade, também as comunidades da Fercal, Fercal II, Alto do Bela Vista, Engenho Velho e Rua do Mato. O

---

<sup>6</sup> O PPP da escola encontra-se em: <http://www.se.df.gov.br/ppp-das-escolas/> (Acessado em 29/09/2018)

corpo discente é formado por 533 alunos, dentre eles 63 de 1º Ano do Ensino Médio, dos quais 24 participaram de nossa pesquisa. A faixa etária dos alunos do 1º ano é de 16 a 32 anos.

Recentemente, a escola deixou de ser rural e passou a ser escola urbana. Porém, ainda carrega muitos traços de escola rural, principalmente pelo difícil acesso, exclusivo a 2 horários de ônibus durante o turno da noite, que obriga alguns alunos a caminhar quilômetros para atender às aulas.

## **5.2 Resultado e análise do pré-teste**

A aplicação do pré-teste ocorreu no dia 14 de maio, presencialmente em sala de aula e contou com a presença de 24 alunos (N=24); apenas um aluno da turma não estava presente e este não foi considerado nas análises da sequência.

Para evitar enviesar as respostas, não foi antecipado para os alunos que eles iriam realizar o pré-teste. Além disto, também se tomou a precaução de não divulgar o resultado do pré-teste para os alunos até o final da aplicação do produto.

O pré-teste, ver Anexo C, foi elaborado com 14 questões, dentre elas 11 eram objetivas e 3 discursivas. Para aprimorar as informações coletadas, 5 das questões objetivas contém espaço para a justificativa das respostas. Das 11 questões objetivas 5 são de múltipla escolha e 6 com resposta binária.

### *5.1.1 Análise por campo de conhecimento*

O pré-teste realizou o levantamento de concepções prévias dos alunos de acordo com cinco categorias de análise. Assim, os resultados do pré-teste serão interpretados por campos de conhecimento:

#### *i. Concepção de átomo:*

Esta categoria foi trabalhada pelas questões 1, 2, 3 e 4. Os resultados observados nos gráficos indicam que os alunos trazem na bagagem concepções do que sejam átomos, ainda que de forma pouco estruturada e solidificada.

Metade das respostas sobre a definição de átomo (ver Figura 10) citava o átomo como uma partícula, como um constituinte das coisas ou que explicava a estrutura interna do átomo, ainda que de forma pouco estruturada. Enquanto as respostas incorretas revelaram a confusão entre os conceitos de átomos, células, bactérias ou luz.

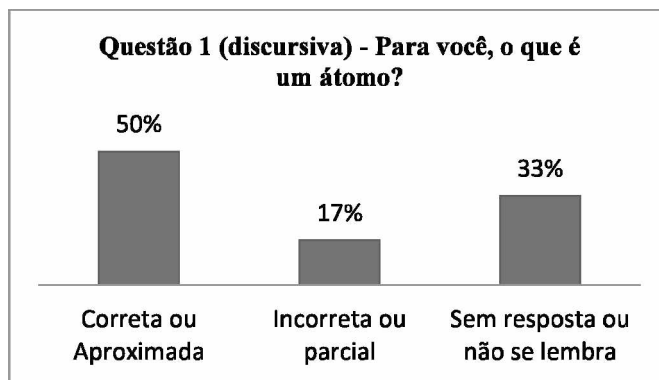


Figura 10: Respostas à questão número 1 do pré-teste sobre a concepção de átomo.

Sobre a classificação atômica (ver Figura 11), notou-se um conhecimento prévio incipiente, pois, dentre os que responderam que sim, apenas 3 alunos (12,5%) se remeteram à tabela periódica ou a alguma propriedade física do átomo. Isto indica que as aulas de química do 9º ano não exploraram o assunto ou que o assunto foi pouco aproveitado pela maior parte dos alunos. Por sua vez, com relação à estrutura interna do átomo (ver Figura 12), os alunos possuíam um conhecimento prévio mais bem formado. Grande parte dos alunos (42%) se remeteu explicitamente aos prótons, elétrons ou núcleo; além disso, nenhum aluno deixou de responder.

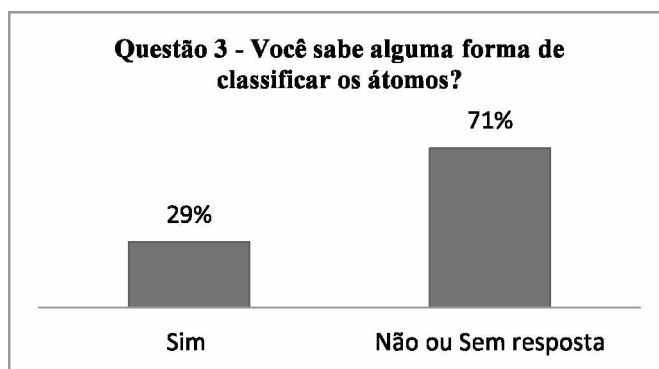


Figura 11: Respostas à questão número 3 do pré-teste sobre classificação dos átomos.

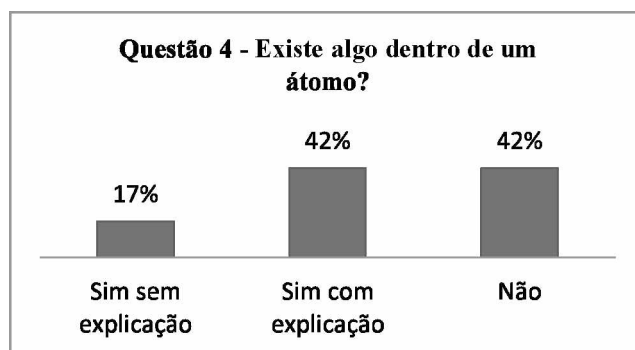


Figura 12: Respostas à questão 5 do pré-teste sobre a estrutura do átomo.

Verificou-se que a maior parte dos alunos considera o átomo uma partícula elementar (ver Figura 13), fato que releva o desconhecimento da definição formal de partícula elementar, uma vez que este resultado contrasta com as respostas da questão 4.

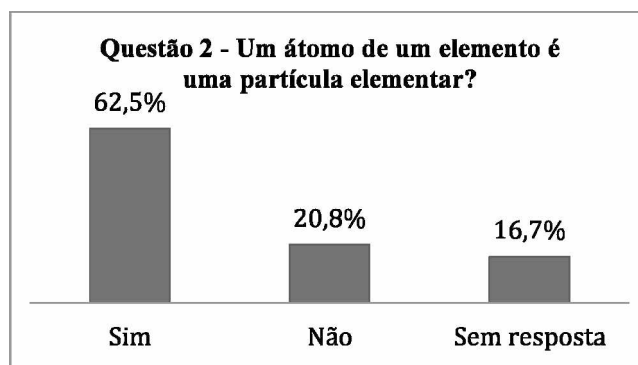


Figura 13: Respostas à questão 2 do pré-teste sobre a diferenciação entre átomo e partícula elementar.

ii. *Partículas elementares:*

Investigou-se o conhecimento prévio dos alunos sobre partículas elementares pelas questões 5, 6, 10 e 11. Esta sondagem mostrou quais partículas os alunos já conhecem e corroborou com o resultado da questão 2, de que a definição de partícula elementar ainda é muito rasa ou inexistente na estrutura cognitiva dos alunos.

Com relação à manipulação ou detecção de partículas elementares (ver Figura 14), notou-se que os alunos pouco conhecem sobre formas de acessar partículas que não o microscópio, que é um equipamento muito abordado nas aulas de ciências. Inclusive, um aluno demonstrou conhecer os tipos de microscópios ao citar o microscópio eletrônico. Entretanto, as respostas em outras formas de detectar partículas sugerem que os alunos suspeitam haver equipamentos com este objetivo.

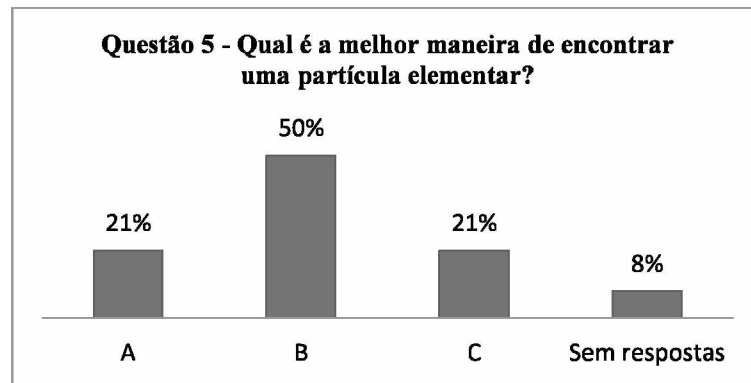


Figura 14: Respostas à questão 5 do pré-teste sobre a manipulação ou detecção de partículas elementares. A) Cortando em pedaços menores até chegar na partícula B) Visualizando a partícula elementar em um microscópio C) Quebrando as partículas por colisão, usando muita energia.

As respostas relativas às partículas que os alunos conhecem (ver Figura 15) revelaram a familiaridade deles com as partículas componentes do átomo clássico (elétron, próton, nêutron) e, por outro lado, o desconhecimento sobre partículas do modelo padrão. Tal desconhecimento foi reiterado na questão 11 (ver Figura 16) na qual oito alunos não responderam ou alegaram não saber responder, enquanto os outros “chutaram”, principalmente nas três partículas que já ouviram falar.

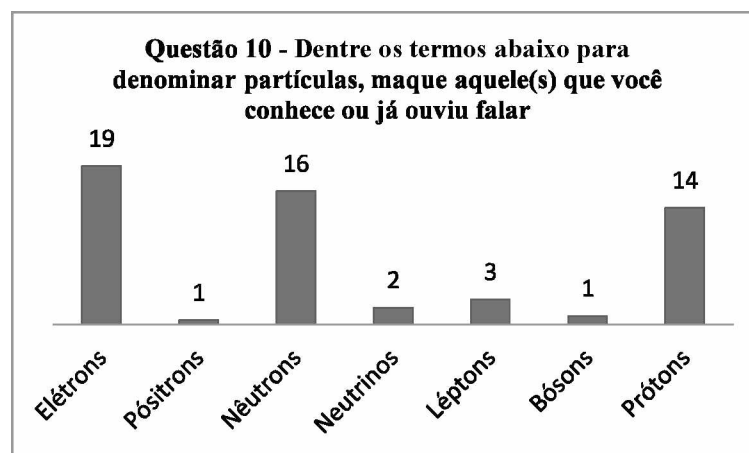


Figura 15: Respostas à questão 10 sobre partículas elementares.

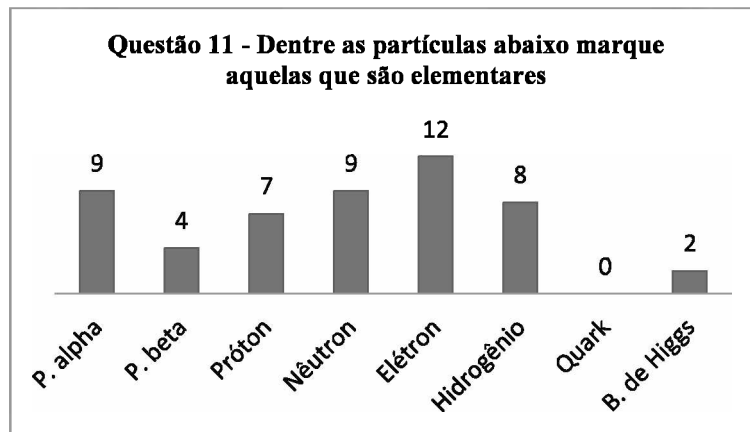


Figura 16: Respostas à questão 11 sobre partículas elementares.

A questão 6 testou o conhecimento prévio dos alunos sobre antimatéria (ver Figura 17) e, como esperado, o tema mostrou-se obscuro para eles. Dentre os 7 (29%) que já ouviram falar da antimatéria, apenas um fez uma observação adequada, afirmando que a antimatéria pode desconstruir a matéria.



Figura 17: Respostas à questão 6 sobre anti-matéria.

### iii. Formação das partículas:

As questões 12, 13 e 14 se referem à formação das partículas. O resultado apontou que 50% dos alunos tem consciência sobre a dinâmica de formação da matéria (ver Figura 18). Supreendentemente, dois alunos associaram à construção do conhecimento científico, associando que as partículas podem ter mudado por conta do que se entende por elas de acordo com os estudos científicos que as descobrem e as definem. Outro citou o *Big Bang* e justificou sua resposta considerando as fases de evolução do Universo. Também ficou evidente que os alunos tinham uma percepção inicial sobre a origem da matéria; entre eles, 9 (37,5%) recordaram o *Big Bang* ou uma explosão/expansão que provocou o início das “coisas” (ver Figura 20). Entretanto, ainda era tímida (25%) a percepção sobre a padronização de objetos cósmicos (ver Figura 19).

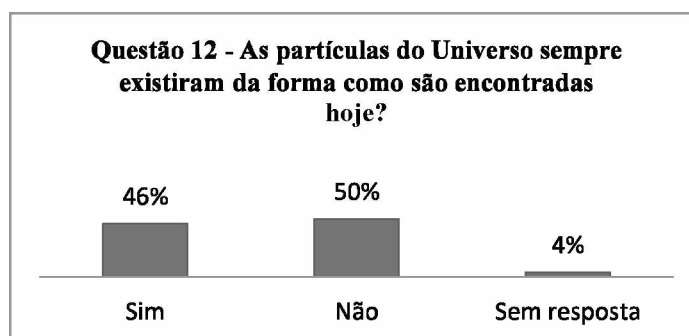


Figura 18: Respostas à questão 12 sobre a formação das partículas.

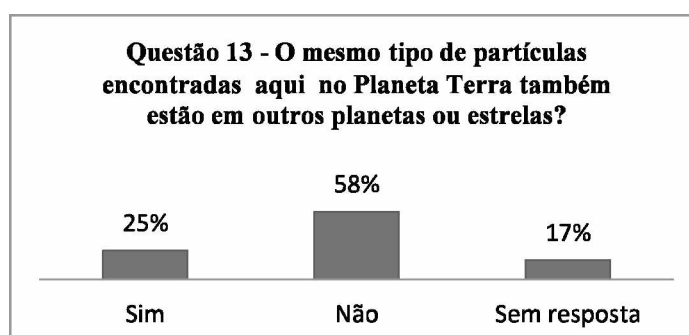


Figura 19: Respostas à questão 13 sobre a padronização dos tipos de partículas que compõe os objetos cósmicos.

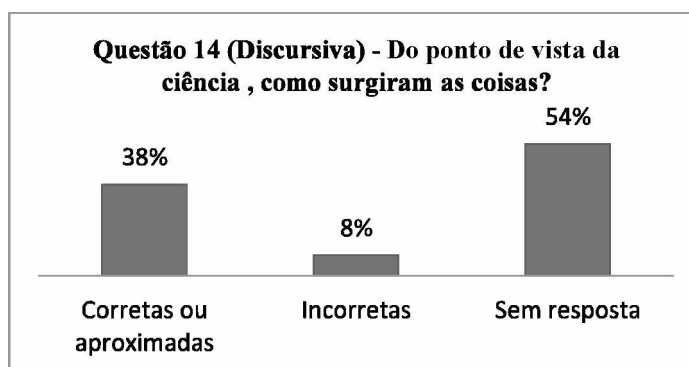


Figura 20: Respostas à questão 14 sobre a origem da matéria.

*iv. Concepção de radiação:*

As questões 8 e 9 se referem à concepção de radiação. A questão 8 era discursiva, em sua maioria (77%) dos alunos não responderam ou disseram não saber; dentre aqueles que responderam, houve uma tentativa de definir radiação e 3 exemplos que citavam energia nuclear e usinas nucleares, que demonstra uma noção baseada apenas no senso comum.



Por sua vez, a questão 9 só teve uma resposta correta (luz, raio-x, onda de rádio FM, onda de calor, onda do mar). Percebe-se curiosamente, que os alunos tendem a associar núcleo a ondas de calor, pois em todas as ocasiões em que foi respondido “núcleo” também foi respondido “ondas de calor”.

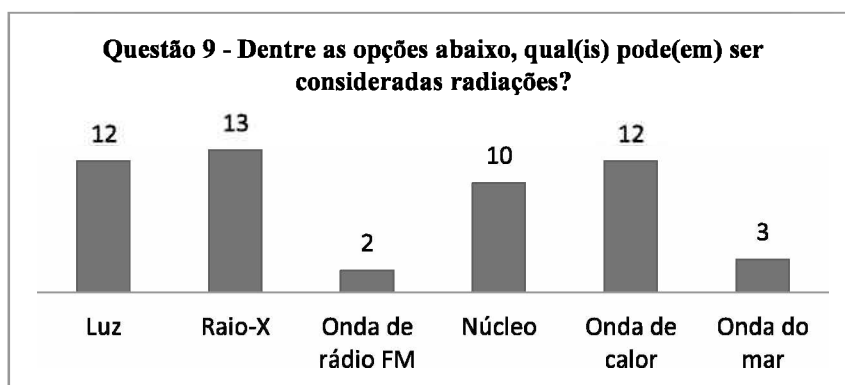


Figura 21: Respostas à questão 9 sobre radiação.

v. *Concepção de forças fundamentais:*

A questão 7 diagnosticou o conhecimento prévio sobre forças fundamentais. Refere-se à concepção de radiação. Como esperado pelo currículo tradicional, os alunos possuem conhecimento prévio das forças gravitacional e eletromagnética, o que já é suficiente para investigar os outros tipos de força fundamental.

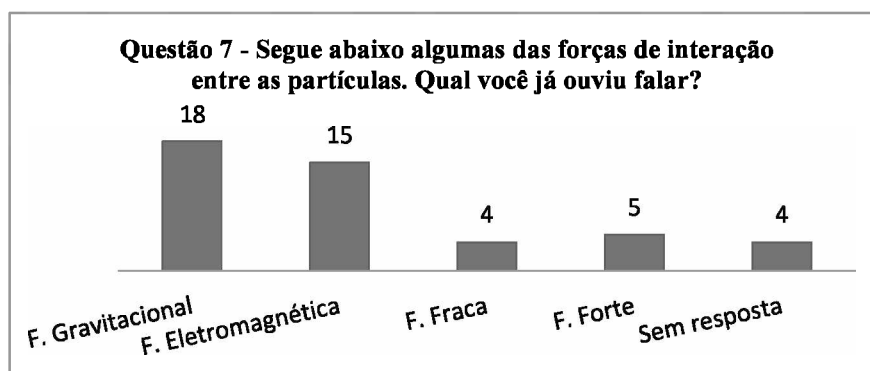


Figura 22: Respostas à questão 7 forças fundamentais.

De forma geral, o pré-teste apontou que os alunos não possuem um conhecimento bem estabelecido nos campos do conhecimento analisados, uma vez que apenas as questões 1, 4 e 12 alcançaram 50% de acerto. Entretanto, foi possível observar a presença de conhecimentos prévios que deverão ser aproveitados na condução da Sequência Didática.

É importante ressaltar que, pelas respostas oferecidas nas justificativas e nas questões discursivas, os alunos se pautaram muito no senso comum, o que revelou o escasso e frágil conhecimento formal dos alunos nesta área. Ainda assim, isto demonstra espaço para estimulá-los a perceber que o conhecimento não está acabado.

Assim, dos percentuais mensurados, pode-se inferir resumidamente que, no momento da aplicação do pré-teste, a maior parte dos alunos: já haviam tido contato com a ideia de átomo, mas que ainda não sabiam classificá-los. Que já estudaram as partículas componentes dos átomos, mas que não conhecem as partículas elementares. Que reconhecem a origem do Universo, proposta pela ciência, mas que não associam as estruturas dele à formação da matéria. Que a radiação ainda é um conceito confuso e que as forças fundamentais nucleares e a antimatéria são desconhecidas.

### *5.1.2 Impacto do pré-teste no material educacional*

O pré-teste é elemento fundamental de avaliação para possibilitar a disponibilização de um material educacional que venha facilitar a concretização da aprendizagem significativa, ou seja, torná-lo mais potencialmente significativo. Soma-se a isto, a função desta avaliação diagnóstica auxiliar na transposição do saber sábio para o saber ensinado.

Todas as observações realizadas no pré-teste foram levadas em consideração para desenvolver as atividades do produto educacional e para programar a Sequência Didática. Foram adaptados, em especial, o nível de profundidade explorado nas atividades, e o tempo de esforço voltado a cada parte da sequência.

Algumas perguntas-chave dos Planos de Discussão foram incluídas após a análise do pré-teste, pois este revelou pontos de curiosidade dos alunos, ou seja, oportunidades de caminhos reflexivos mais ricos. Os textos já haviam sido elaborados quando o pré-teste foi aplicado. Porém, eles sofreram pequenas adaptações de conteúdos para se adequar às novas perguntas-chave, trazendo algumas novas reflexões para o texto.

Um exemplo disso foi o de dar ênfase à tabela periódica, pois a classificação atômica é um caminho para esclarecer a organização do modelo padrão por meio das propriedades das partículas elementares. Complementou-se, também, as atividades sobre modelos atômicos para um melhor aproveitamento dos subsunçores, já presentes na maior parte dos alunos, relativos à concepção de átomo.

O perfil dos alunos teve impacto sobre o resultado final do material educacional, uma vez que durante a aplicação do mesmo, são realizadas adaptações que envolvem as dificuldades e potencialidades dos alunos diante da percepção do professor. Neste caso,

o baixo desempenho resultou em um maior tempo investido no bloco de atividades 1 e 2 do que no bloco 3, onde seriam melhor detalhadas as partículas elementares.

Após perceber as grandes lacunas de conhecimento prévio acerca da antimatéria essa temática reduziu sua prioridade na aplicação do produto e foi apresentada apenas em um exercício reflexivo.

### **5.3 Relato de aplicação da Sequência Didática**

A Sequência Didática transcorreu de acordo com o que está descrito no Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4.

As aulas da Sequência Didática aplicada seguiram em uma dinâmica de construção do conhecimento, evitando o uso desnecessário da lousa e prezando pela participação ativa dos alunos em cada etapa, procurando, assim, construir os conceitos através do diálogo, da negociação de significados e do compartilhamento de ideias.

#### *5.3.1 Adversidades durante a aplicação da Sequência Didática*

Após o início da aplicação da sequência, ocorreu o fato que surpreendeu a todos: teve início a greve dos caminhoneiros no dia 21 de maio de 2018 e se estendeu por 10 dias corridos, causando impactos profundos na condução da aplicação da sequência didática, especialmente no final do Bloco 2 e no início do Bloco 3.

Em virtude de tal crise, as aulas foram suspensas até a regularização da situação, o que na verdade ocasionou grande infrequência também nos dias que se seguiram (mês de junho de 2018), impactando negativamente na coesão do corpo discente.

Outro impacto causado pela crise do diesel foi quanto à realização da palestra com o convidado descrita na Quadro 3. Para tal, o professor contou com a colaboração de um colega que havia defendido uma dissertação na área de Astrofísica e que tinha experiência em sala de aula. O planejamento da palestra foi realizado, a princípio, em duas reuniões em que o professor apresentou para o convidado o propósito da Proposta Didática, bem como os conteúdos que deveriam fazer parte da palestra (ver anexo D). Os slides utilizados e os temas explorados foram validados pelo professor na segunda reunião.

Porém, por conta da crise, a palestra precisou ser adiada por uma semana, o que demandou uma terceira reunião entre o professor e o convidado para realizar adaptações necessárias nos conteúdos em virtude do tempo perdido.

No objetivo de reduzir o impacto negativo causado pela irregularidade na frequência dos alunos, o professor então distribuiu as atividades perdidas para os alunos faltosos, situação bastante recorrente e que afetou muito nos resultados dos alunos.

Houve ainda a Copa do Mundo, que, durante o final do mês de junho e início de julho, acabou por prejudicar as atividades normais da escola, tornando-se outra adversidade grave para a aplicação do 3º Bloco de Atividades, mais especificamente, da Atividade 8 (Trabalho Final) e do pós-teste. Como solução, o professor abriu a possibilidade de as apresentações serem enviadas via vídeos caseiros e *e-mail's*, além da prorrogação da data de entrega das mesmas.

Apesar de tais adversidades, o professor buscou sempre alertar os alunos para que não perdessem as aulas, já que todas elas estavam estritamente conectadas umas às outras.

### 5.3.2 *Relato sobre as Seções de Leitura Reflexiva*

Após a aplicação do pré-teste, o professor alertou aos alunos que na aula seguinte seria aplicada uma dinâmica diferente, e que eles precisariam mudar a disposição das carteiras. Mesmo assim, durante a 1ª Seção de Leitura Reflexiva foi perceptível alguns estranhamentos. Isto se deu, talvez, porque os alunos tinham pouca familiaridade com situações de diálogo como a proposta, quando foram colocados frente à frente, em formato de U, como mostrado na Figura 23.



**Figura 23:** Seção de Leitura Reflexiva. Comunidade de Investigação em formato de U fazendo a leitura e o debate em grupo.

Outro fato que gerou estranhamento para os alunos foi a quebra com o padrão de transmissão de conhecimento. Tal quebra aconteceu devido à atitude do professor, que não respondia às perguntas, e sim as utilizava para fazer novas perguntas e dar

continuidade ao debate. O objetivo do professor era falar pouco e incentivar constantemente uma maior **expressão** por parte dos alunos.

Durante as leituras os alunos se sentiram inicialmente um pouco intimidados, mas com o desenrolar das mesmas, a **adesão dos alunos foi aumentando**. Tal fato foi **perceptível** quando alguns dos alunos que tinham maior dificuldade tentavam, mesmo assim, realizar a leitura. O professor buscou sempre incentivar e parabenizar os alunos que se **esforçavam**, evitando expor sua dificuldade diante dos colegas.

Mesmo com o constante incentivo do professor, a **noção de que eles “não ganhariam nada com aquilo”** ainda chegou a ser expressa explicitamente por um dos alunos que afirmou: **“Não vou falar nada, isso nem vale nota”**.

No início do debate, apenas os alunos com maior facilidade em se expressar oralmente faziam colocações. Mas o **“calor” do diálogo** estimulou aos poucos os outros colegas a se arrisarem. Uma questão que atraiu bastante a atenção dos alunos foi o assunto sobre a Origem da Vida. Tal interesse foi perceptível e gerou ricos debates.

Apesar dos ricos debates, o comportamento dos alunos em geral não foi tão positivo. A turma se dispersava com facilidade, o que exigia que o professor estivesse **sempre aplicando estratégias para manter a atenção no diálogo**. É importante ressaltar neste ponto, **que o professor não deve**, por causa deste tipo de comportamento inadequado, realizar muitas intervenções, uma vez que a **reconfiguração da dinâmica de sala de aula deve atingir um equilíbrio após a familiarização com a nova dinâmica**. Ou seja, **é necessário que o professor esteja preparado para essa típica dispersão principalmente nas primeiras etapas da sequência**.

Ainda assim, reiterar o respeito pela fala do outro e o aprender a ouvir é **fundamental para a tomada de consciência**, e estes aspectos devem ser sempre estimulados e reforçados.

De fato, observou-se que gradualmente os alunos se envolveram mais com a proposta, participando com mais intensidade. Deste modo, ao longo das outras Seções de Leitura Reflexiva, as aulas passaram de um ambiente de conversas paralelas para um ambiente de reflexão e escuta.

A **princípio**, a maioria das interações foi do tipo professor-aluno, sendo que o professor buscou aos poucos incentivar as interações aluno-aluno, no intuito de estimular as **ações filosóficas por parte dos alunos**.

Ainda na tentativa de aproximar os alunos do debate, e de deixá-los mais confortáveis com a situação, o professor lançava mão de **provocações** para que os

alunos pudessem interagir mais entre si. Tal estratégia surtiu o efeito esperado, já que a partir de então, os alunos passaram a responder suas próprias perguntas.

A afetividade também foi trabalhada nestes momentos, servindo como uma ferramenta de aproximação entre professor e alunos, e de engrandecimento de perspectivas. Lembremos que Friedrich Nietzsche (Apud Hermann, N, 2017, pg. 95) critica um modelo puramente racional diante do intelecto humano:

“De agora em diante, senhores filósofos, guardemo-nos bem contra a antiga, perigosa fábula conceitual que estabelece “um puro sujeito do conhecimento, isento de vontade, alheio à dor e ao tempo”(…) Existe apenas uma visão perspectiva, apenas um “conhecer” perspectivo; e quanto mais afetos permitirmos falar sobre uma coisa, quanto mais olhos, diferentes olhos, soubermos utilizar para essa coisa, tanto mais completo será nosso “conceito” dela, nossa “objetividade”. Mas eliminar a vontade inteiramente, suspender os afetos todos sem exceção, supondo que o conseguíssemos: como? - não seria castrar o intelecto?”

Na 1ª Seção, a parte inicial do texto foi a que chamou mais atenção, principalmente por estar associada à 1ª pergunta chave do Plano de Discussão “Quando que tudo começou?”. Tal pergunta se mostrou de grande interesse pelos alunos por ter sido a que concentrou maior atenção durante os debates, inclusive retornando à pauta em outras seções.

Os debates acerca dos pontos abordados pelos textos levaram a reflexões inesperadas, um tanto desfocadas do tema trabalhado. Com isto, ficou evidente que o professor precisa ficar atento para aproveitar esses momentos de questionamento espontâneo para guiar o diálogo de maneira a aprofundar nas questões que envolvam os conteúdos que serão abordados nas próximas etapas da sequência.

Durante as Seções de Leitura Reflexiva, podemos dizer que cerca de 6 alunos se envolveram ativamente dos diálogos, realizando o ciclo reflexivo completo, ou seja, ouviam os colegas, interpretavam suas opiniões, elaboravam suas próprias opiniões e as expressavam ao grupo. Os outros colegas continuaram distanciados, ou participaram em ocasiões específicas de forma tímida.

Na 2ª Seção de Leitura Reflexiva, o Plano de Discussão traz uma atividade para ser realizada em uma comunidade de investigação de até três alunos. A mediação do professor foi muito demandada durante a aplicação do Plano de Discussão. Todas as comunidades pediram algum tipo de orientação ou fizeram alguma pergunta. Fato que indicou a motivação dos alunos.

Durante a mediação da atividade, o professor tomou cuidado de não induzir a resposta dos alunos. Para provocar a expressão dos alunos, o professor perguntava “qual pergunta (ou exercício) vocês escolheram?”, “Como vocês começaram a sua resposta?”.

Inicialmente, a linha de raciocínio utilizada pelos alunos se mostrava bem curta e receosa de estar no caminho errado. Eles evitavam, assim como observado na 1ª Seção, se arriscar a errar. Que revela o efeito limitador que a “cultura da resposta certa” tem na construção de uma reflexão filosófica e no ensino de ciência.

“Aprender ciências não é decorar definições, leis, fórmulas, equações, taxonomias, reações, para depois aplicá-las na resolução de problemas-padrão, fechados, com “resposta correta””.(Moreira, 2017)

Algumas comunidades de investigação se dispuseram prontamente a tentar construir uma linha de raciocínio para atacar as perguntas escolhidas; em outras o professor estimulava a partir das ações filosóficas, e até dava exemplos de possíveis formas de responder a partir do pensamento crítico.

Em um determinado momento, alguns alunos acharam especificamente curiosa a possibilidade de objetos interagirem à distância. Para reforçar este fato, o professor explicou que até mesmos os alunos sentados em suas carteiras não estavam tocando nelas por conta da força eletromagnética. O espanto deles ao pensar desta forma foi muito evidente.

Notou-se um grande avanço, no decorrer das Seções de Leitura Reflexiva, na quantidade de alunos que passaram a ouvir os outros, de respeitar as opiniões dos colegas, e, principalmente, de expor suas opiniões.

Também foi observada uma grande dificuldade dos alunos nas leituras de texto, fato que não havia sido possível observar nas aulas tradicionais. Isto foi importante para o professor identificar a capacidade de leitura, de expressão oral.

### *5.3.3 Relato sobre aplicação das Atividades Pedagógicas*

Durante a Sequência Didática foram aplicadas 9 atividades; vamos destacar algumas situações relevantes para a avaliação do professor.

#### *Atividade 1 (21/05) - Mergulhando dentro dos tijolos da natureza.*

Ao iniciar a atividade 1, os alunos demonstraram desânimo. Para contornar isso, o professor fez uma breve introdução sobre os estudos que os alunos estavam iniciando, usando o exemplo do tijolo ecológico que se encontra na atividade. O professor questionou se os alunos já tinham parado para pensar que, assim como as casas são

feitas de tijolos, os próprios objetos materiais não poderiam ser feitos de elementos menores. Após essa introdução os alunos começaram a ler com mais entusiasmo.

A atividade 1 foi pensada para motivar os alunos, pois na Fercal existem duas indústrias de cimento e este é um tema recorrente no dia-a-dia de muitos deles. Esta atividade também está associada ao texto 1, que também foi lembrado pelo professor em algumas ocasiões ao mediar a leitura dos alunos, que eventualmente chamavam o professor para perguntar algo.

Ao realizar o exercício, ficou claro que os alunos, de modo geral, não tinham uma noção adequada de notação científica, apesar deste conteúdo já ter sido estudado durante o 1º bimestre. A partir dessa observação o professor solicitou para alguns alunos que fizessem exercícios e desafios do Plano de Discussão.

#### Atividade 2 (23/05) - Fotografando o átomo.

Os alunos tiveram mais clareza sobre as partículas que compunham o átomo. Eles foram mais diretos respondendo os exercícios. Descrevendo com suas palavras. Alguns preferiram descrever a partir das 3 partículas básicas (próton, elétron e nêutron) mas outros, por conta da influência do texto, falaram das regiões do átomo: núcleo e nuvem eletrônica.

Na atividade estava proposto um exercício de imaginação. Os alunos tentaram, mas a maior parte deles teve dificuldades para se concentrar e logo desistiram. Ainda assim, surgiram desta situação algumas perguntas interessantes dos alunos, como, por exemplo, “Professor, como eu posso estimar o tamanho do átomo?”. Essas perguntas demonstraram a tomada de consciência sobre o tamanho do átomo e foi uma oportunidade de reforçar o conceito de ordem de grandeza e notação científica.

Notamos durante esta atividade que sair do ambiente de sala de aula contribuiu com a motivação dos alunos, alcançando alunos muito apáticos, com baixa participação ativa durante o ano letivo, que então passaram a corresponder às propostas. Alguns deles até mesmo me chamaram para tirar dúvidas. Isso fortaleceu, na prática, a percepção de que muitos alunos se distanciam da escola pela falta de interesse no modelo de ensino nas escolas.

#### Atividade 3 (24/05) - Ideias e modelos sobre os átomos

Os alunos já iniciaram a aula tentando responder à provocação do professor. Dentre os alunos que se arriscaram em responder, estavam aqueles que participaram mais ativamente do debate na Seção de Leitura. Por isso o professor insistiu na pergunta até que novas pessoas também tentassem.



A leitura em grupo já foi mais organizada do que na Seção de Leitura Reflexiva. Enquanto os alunos liam, o professor inseriu no quadro três diagramas para realizar o debate. Rapidamente os alunos entenderam a estrutura do Diagrama V. Alguns alunos já haviam estudado modelos atômicos e foram logo propondo formas de preencher o Diagrama V.

Notou-se durante a dinâmica que o conceito de “partícula elementar” ainda estava confuso para os alunos. Neste sentido, o professor buscou reforçar esse conceito exemplificando a diferença entre os átomos de Dalton e de Rutherford.

Visando evitar a visão da ciência como um sistema fechado, imutável e inacessível aos alunos, abordamos a construção do conhecimento científico como uma construção humana que só pode ser realizada a partir de investigações e reflexões feitas acerca dos fenômenos. E, ainda, que ela é influenciada por cada momento histórico.

#### Atividade 4 (25,28/05) - Enforcando a revisão

A atividade de revisão foi resolvida muito rapidamente e com facilidade pelo grupo de alunos. Foi um momento importante para se debater os conceitos a partir de definições bem claras de cada um. Para tanto, foram retomadas reflexões até mesmo da Seção de Leitura. Por exemplo, quando se abordou a definição de espaço, o professor aproveitou para relacionar o espaço com a origem das coisas através de provocações do tipo “Se não existisse o espaço, poderia existir alguma outra coisa?”.

A revisão neste formato foi bastante dinâmica, e muitos alunos tiveram a oportunidade de dar suas opiniões. Apesar da simplicidade da dinâmica, a concorrência entre os alunos, estabelecida pelo jogo, favoreceu as interações e a quebra da apatia.

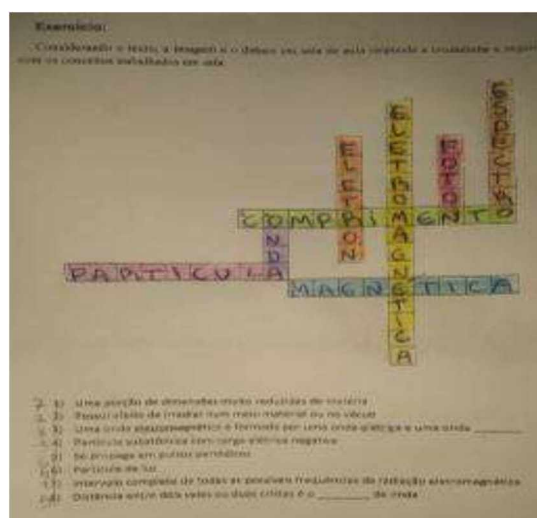
#### Atividade 5 (16/06) - Ondas e matéria (radiação)

No início desta aula, visando trabalhar um organizador prévio, o professor retomou exemplos propostos pelos próprios alunos no Plano de Discussão do Texto 2 sobre objetos que interagem à distância. Naquela ocasião, os alunos haviam citado equipamentos e tecnologias de telecomunicações.

A cruzadinha fez bastante sucesso entre os alunos. Eles se envolveram e tiveram dificuldades para respondê-la. Quando a concluíram, após algumas perguntas feitas para o professor, ficaram muito felizes.

O uso de cruzadinhas se mostrou positivo, no sentido de trabalhar os conceitos de forma sutil e dinâmica, envolvendo o aluno no desafio de articular informações como número de letras, disposição, definição conceitual extraída da leitura do texto, ver

Figura 24.



**Figura 24:** Exemplo das atividades desenvolvidas pelos alunos durante a sequência didática.

Atividade 6 (13/06) - Classificando os átomos

Essa atividade tinha o intuito de servir mais como uma revisão de tabela periódica, porém o professor já sabia, a partir do resultado do pré-teste, que o conhecimento prévio era muito restrito, pois nenhum aluno citou a tabela periódica como forma de classificação atômica.

Inicialmente, essa atividade tem uma estrutura explicativa. É em seu 2º momento que o professor volta ao papel de mediador, problematizando e retomando significados durante a resolução dos exercícios pelos alunos. Esta atividade confirmou que a maior parte dos alunos não conhecia a tabela periódica. Isto dificultou o aprofundamento na descrição dos isótopos que era importante para identificar a formação dos núcleos atômicos e mostrou que, em futuras aplicações, o conhecimento da tabela periódica deve constar como importante pré-requisito para o aprofundamento da proposta.

Palestra: Falando com o cientista (14/06) – Formação dos átomos

Ao fim do 2º Bloco de Atividades os alunos assistiram a uma palestra sobre a Formação das partículas intitulada “De onde vêm os elementos químicos que encontramos no nosso corpo e na natureza?” proferida pelo Mst. Artur Castelo Branco (ver slides no Anexo A).

Nesta ocasião, os alunos tiveram a oportunidade de rever conceitos sobre os átomos, aprofundar a noção da origem dos elementos da tabela periódica e aprender conceitos de Cosmologia e Astrofísica.

Além disso, os alunos puderam conhecer pessoalmente um pesquisador da área da Física, e desconstruir o estereótipo criado a respeito dos cientistas e também desfazer a ideia de que muitos conhecimentos são inacessíveis por serem muito complexos. A palestra também gerou novos momentos de diálogo nos quais foram estimulados os Pensamentos de Ordem Superior ao questionar o cientista convidado. Colocados neste novo contexto, os alunos tiveram que apurar suas perguntas. Neste sentido, foi importante pedir que os alunos realizassem o resumo da palestra, pois isso incentivou a interação entre eles.

A abordagem investigativa e questionadora também foi explorada no discurso da palestra, pois foi construída com base em perguntas-chave. Muitas dessas perguntas já haviam sido trabalhadas nas atividades anteriores e foram escolhidas para facilitar a organização de conceitos na estrutura cognitiva dos alunos.

Porém, nesta ocasião, as perguntas tinham uma releitura mais avançada, onde as respostas exigiam a interpretação de gráficos e imagens com informações científicas relevantes.

Os alunos se mostraram bastante atentos, inclusive anotando e fazendo perguntas para o palestrante. Foi solicitado para os alunos que fizessem resumos da palestra.

As aulas após a palestra envolveram a confecção de cartazes sobre a linha do tempo do Universo e as fases de formação da matéria, como mostrado na Figura 25.



**Figura 25:** (A) Mural com cartazes sobre a linha do tempo do Universo e a formação das matéria confeccionado pelos alunos. (B) Figura criada por alunos na pesquisa sobre ciclo estelar.

Também resultou dos conteúdos trabalhados na palestra uma pesquisa sobre o ciclo da vida de estrelas e cartazes sobre a linha do tempo do Universo e a formação da matéria. Essas atividades tiveram um impacto positivo na motivação dos alunos. Além de incentivar a expressão escrita e a pesquisa.

A aula de *feedback*, assim como a aula de revisão do 1º Bloco, se mostrou muito importante, pois estes oportunizaram uma atenção individualizada e o professor pôde fazer um uso bem direcionado das atividades (perguntas-chave, desafios, exercícios investigativos) disponíveis nos Planos de Discussão.

#### Atividade 7 (20/06) – Mergulhando nas partículas subatômicas

O professor explicou rapidamente sobre o Modelo Padrão e então dividiu a sala em comunidades de investigação de até três alunos para jogar o jogo “Qual é tua partícula?”. A ideia passada para os alunos é que eles deveriam perceber o que diferenciava uma partícula de outra.

Eles se envolveram e se divertiram bastante com o jogo e foram registrando em suas folhas as partículas de cada colega e as propriedades básicas que a definem.

Ao final da aula, o professor pediu para que os alunos levassem o material da atividade 6 para a próxima aula, afirmando que eles iriam precisar da tabela periódica.

#### Atividade 8 (25/06) - Partículas elementares: Aonde estão os Quarks?

Com a prática das atividades anteriores os alunos já desenvolveram a atividade 8 com muito mais autonomia. Rapidamente os alunos leram e responderam as atividades. O professor desafiou aqueles que haviam terminado a atividade para fazer o “Sudoku das partículas”. Surpreendentemente, muitos alunos terminaram rapidamente o desafio.

#### Atividade 9 (27/06) – Como descobrir as partículas elementares?

Para a realização do trabalho final os alunos precisaram apresentar os resultados das pesquisas realizadas sobre uma partícula elementar específica. A escolha da partícula foi feita sob orientação do professor, levando em consideração as dúvidas e curiosidades que os alunos apresentaram após a leitura do enunciado da atividade.

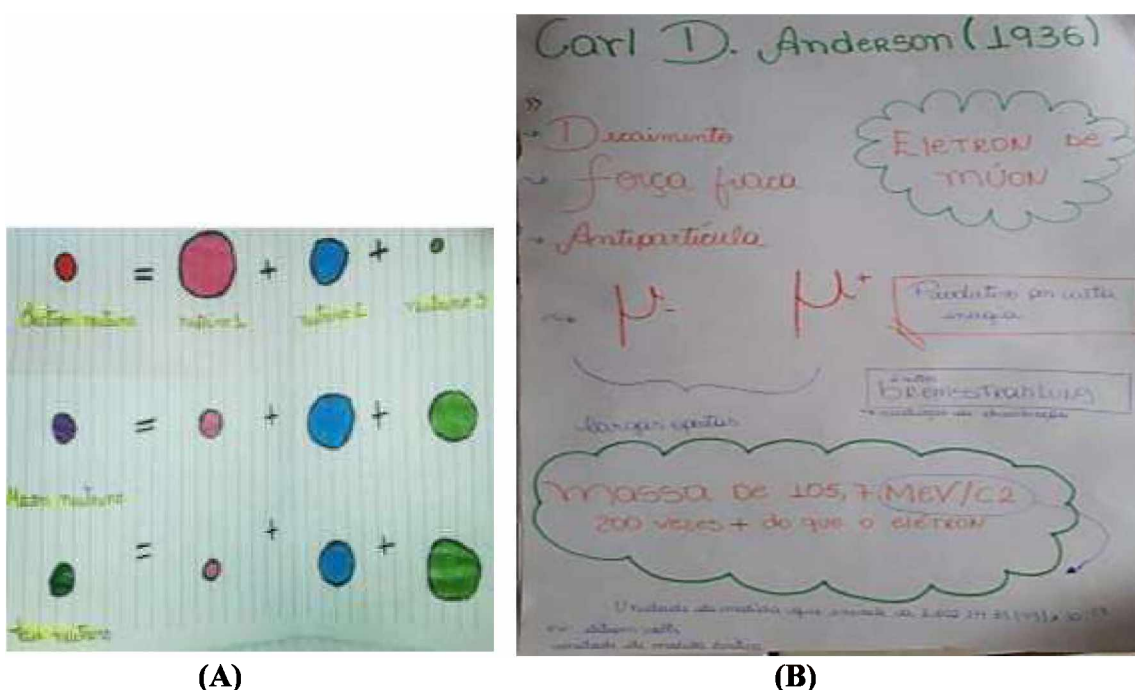
#### Apresentações orais (30./06, 01/07) – Pesquisa sobre Partícula Elementar

As apresentações ocorreram nas aulas seguintes e cada dupla pôde escolher a ferramenta que seria utilizada para tal. O objetivo principal era fazer com que os alunos respondessem, durante a apresentação, às três questões apontadas na descrição da atividade. Como resultado, foram recolhidos 4 cartazes, 3 vídeos, trabalhos escritos e apresentações orais.

Nesta ocasião ficou muito claro que os alunos com facilidade de se expressar nas Seções de Leitura tiveram um rendimento muito superior.

Durante a realização de todas as atividades, o professor agiu como mediador ativo, gerando reflexões e apoiando a construção do conhecimento, como foi o caso em todas as atividades. Os alunos foram estimulados a utilizar imagens em suas pesquisas para expressar melhor as suas ideias, como mostrado na Figura 26.

Os alunos foram mais proativos durante a aplicação da sequência do que eles eram nas aulas regulares. Isto se deve ao fato das aulas serem ativas, oferecendo espaço para os alunos realizarem à sua maneira as investigações e os problemas propostos.



**Figura 26:** (A) Figura criada por aluno na pesquisa sobre Partícula Elementar. (B) Cartaz criado por aluna utilizado em apresentação oral.

## 5.4 Avaliação da Sequência Didática

A avaliação quantitativa da Sequência Didática se deu a partir da comparação dos resultados dos testes aplicados antes e depois da aplicação da Proposta Didática.

Por sua vez, para considerar a qualidade da Sequência Didática do ponto de vista qualitativo, partimos das observações do professor-pesquisador, bem como das opiniões dos alunos registradas na autoavaliação.

### 5.4.1 Comparação pós-teste e pré-teste

Como já relatado anteriormente, houve uma séria adversidade na aplicação do pós-teste por conta da copa do mundo. A maioria dos alunos deixou de comparecer presencialmente ao final do 3º Bloco de Atividades, e o pós-teste foi aplicado com um atraso de duas semanas, quando os alunos voltaram a comparecer presencialmente.

Deste modo, o teste que tinha o intuito de avaliar a assimilação de conceitos em curto prazo findou por ser um teste de assimilação de médio prazo.

Além disto, dois alunos deixaram a escola e, portanto, o pós-teste foi realizado com 22 alunos (N=22).

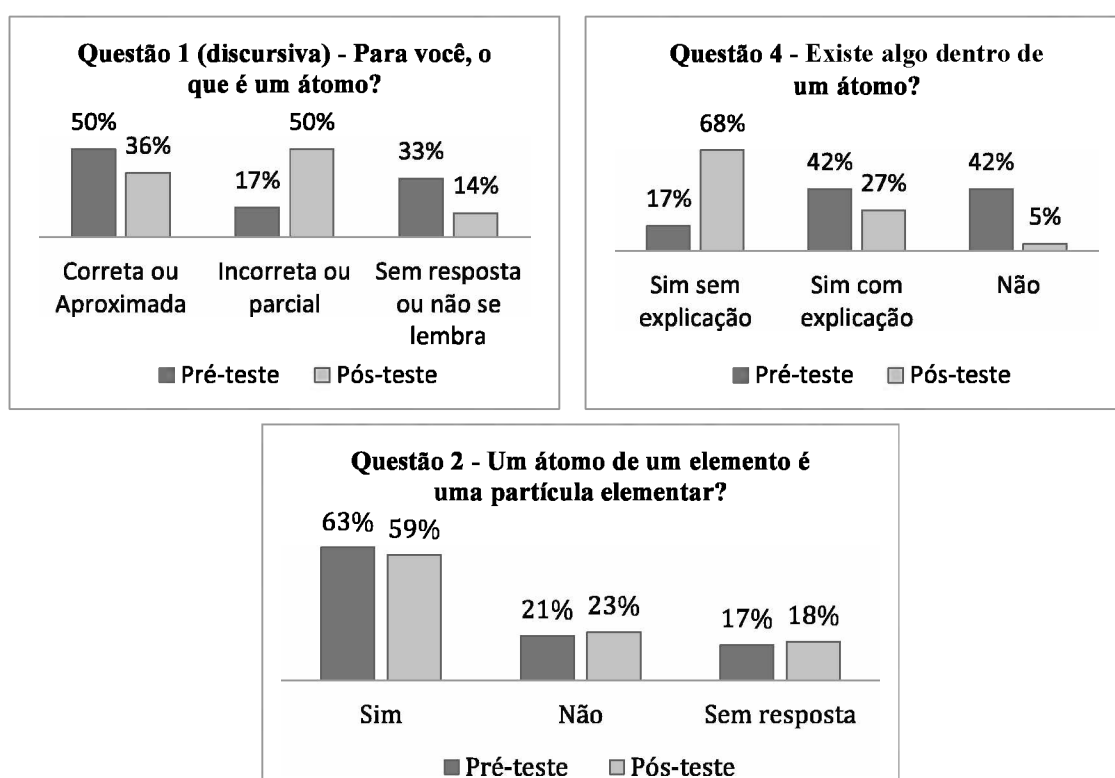


Figura 27: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste nas questões sobre o átomo.

Aparentemente a questão 1 mostrou um desempenho negativo. Porém, deve-se ressaltar o fato de que mais alunos se arriscaram em tentar formular definições, ainda que inacabadas e com falhas conceituais. Houve uma transferência clara para respostas incorretas. Ficou perceptível que os alunos ainda respondiam: “Para mim é uma nuvem eletrônica que fica em torno do núcleo”. De certa maneira, isto é importante pelo fato de que o desenvolvimento do Pensamento de Ordem Superior se inicia com a formulação de respostas e argumentos lógicos, sendo eles certos ou errados. Assim, o erro é muito menos preocupante do que a desistência.

O resultado da questão 4 complementa esta interpretação, pois, apesar de metade dos alunos ainda definirem o átomo de uma maneira incorreta ou parcial, praticamente a sua totalidade já compreende que o átomo possui estrutura interna.

Por outro lado, da resposta da questão 2 fica evidente que a definição de partícula elementar ainda continuou confusa para os alunos. Esta confusão indica uma possível explicação para a dificuldade de definir o átomo, uma vez que não compreender a definição de partícula elementar influencia a incapacidade de definir um átomo.

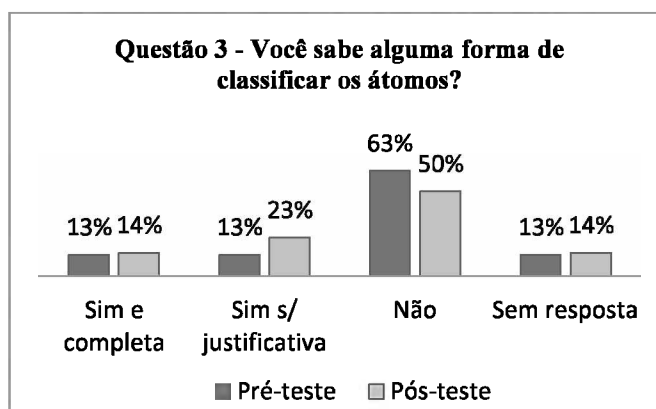


Figura 28: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre a classificação dos átomos.

Com relação à classificação atômica, os alunos apresentaram pouca evolução na concepção de tabela periódica, número atômico, apesar de serem mais assertivos, ainda em taxas baixas, sobre a existência de formas de classificação.

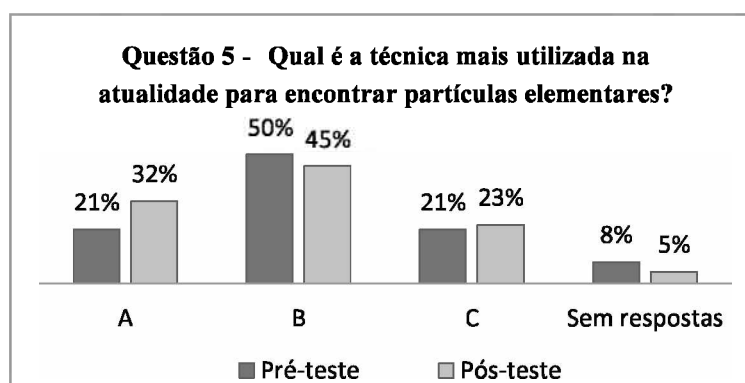


Figura 29: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre a manipulação ou detecção de partículas elementares. A) Cortando em pedaços menores até chegar na partícula B) Visualizando a partícula elementar em um microscópio C) Quebrando as partículas por colisão, usando muita energia.

A pergunta da questão 5 foi modificada para ficar mais clara para os alunos. A intenção era compreender até que ponto eles absorveram a ideia de colisores de partículas. Entretanto, a tendência continuou a ser dos alunos considerarem o microscópio. Vale considerar que o conteúdo de detectores de partículas fez parte do

Bloco de atividades mais impactado pelas adversidades da aplicação, quando houve a maior ausência dos alunos em sala de aula.

A questão 10 mostra que após a sequência os alunos ampliaram seu conhecimento sobre as diferentes partículas. Por sua vez, o resultado da questão 11 explica melhor como os alunos confundem o conceito de partícula elementar. O gráfico indica que as partículas mais ressaltadas durante a sequência (próton, nêutron e elétron) foram associadas ao conceito de partícula elementar, ainda sem muito critério.

A questão 8, perguntava “O que você entende por radiação? Dê um exemplo” se mostrou desafiadora para os alunos no pré-teste, pois apenas 33% dos alunos tentaram responder. Apesar de continuar com uma baixa taxa de respostas, 41% dos alunos respondeu e foi possível perceber uma melhora significativa nas respostas deles, já que 4 alunos responderam de forma clara, Por exemplo “A radiação está relacionada com a luz solar e com as ondas de calor” ou ainda “A radiação está presente em vários locais do nosso convívio como o micro ondas”. Mostrando, que o conceito de radiação começou a se organizar na estrutura cognitiva de alguns alunos.

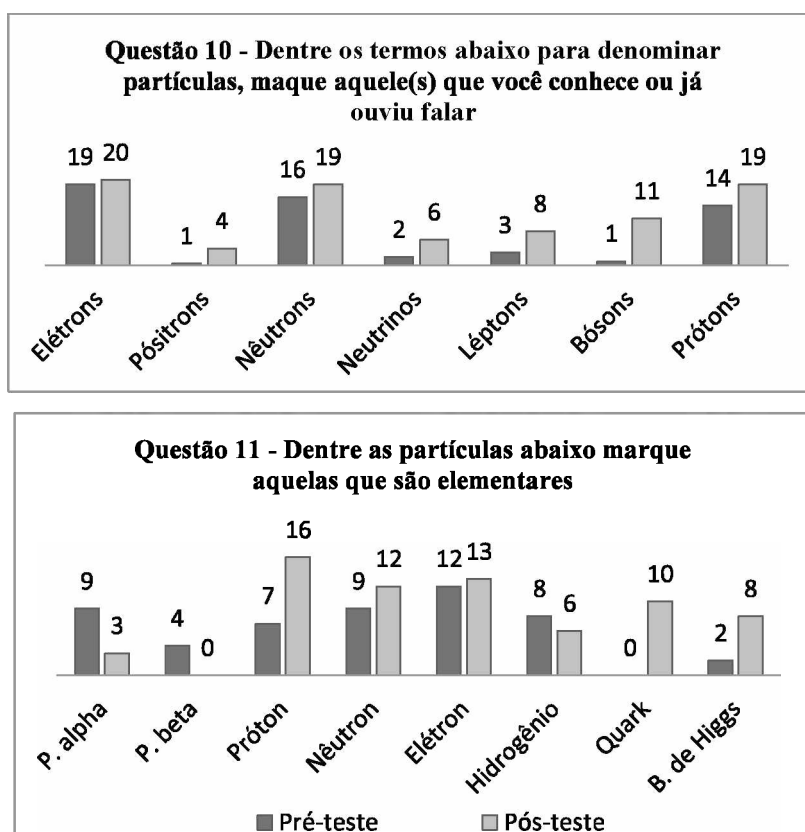


Figura 30: Comparação dos resultados entre pré-teste e pós-teste sobre partículas elementares



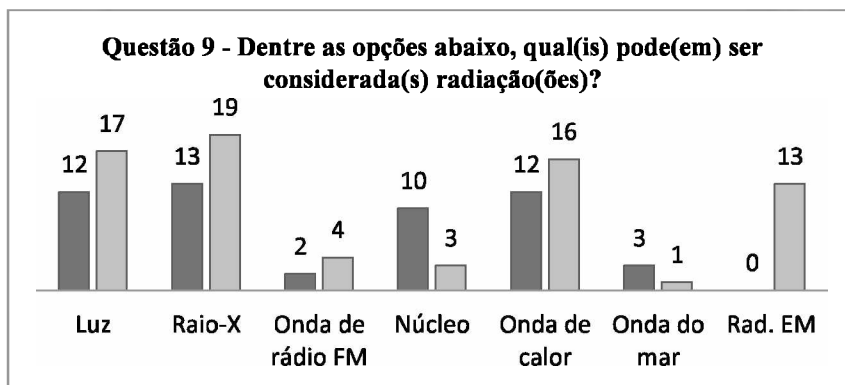


Figura 31: Comparação entre pós-teste e pré-teste sobre radiação.

De acordo com o gráfico, os alunos associaram mais fortemente o conceito de radiação com as ondas do espectro eletromagnético, houve uma redução significativa naqueles que associavam a radiação com o núcleo. Além disto, no pós-teste não foram citadas as Usinas Nucleares como o foram no pré-teste. Isto evidencia a formação de subsunçores adequados na estrutura cognitiva dos alunos, que em sua maioria passou a associar o conceito de radiação com os vários tipos de ondas eletromagnéticas, conceito que antes não fazia parte da estrutura cognitiva de quase a totalidade dos alunos.

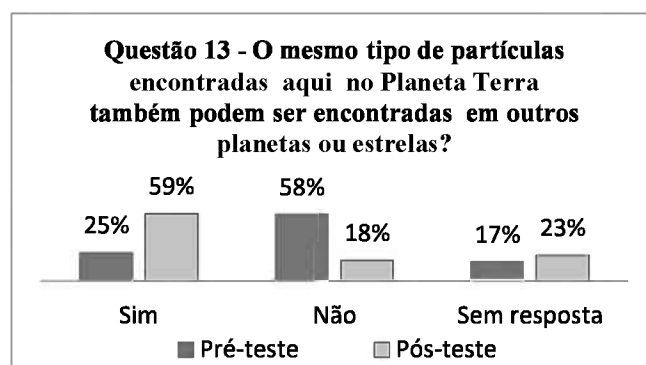


Figura 32: Comparação entre pós-teste e pré-teste em questões que envolvem a noção de matéria, formação e estrutura do Universo.

No pós-teste a questão 6 foi alterada para uma questão discursiva para melhor evidenciar a compreensão dos alunos acerca de conceitos sobre a formação da matéria com a pergunta: “Onde foram formados os elementos da tabela periódica?”. 11 alunos não responderam ou disseram não saber, enquanto 10 explicitaram o *Big Bang*, dentre eles alguns “Foram formados por uma explosão (*Big Bang*) e enquanto esfriava foram formando os elementos” ou “Na explosão do big bang quando uma estrela expandiu tanto ao ponto de estourar e aí foram espalhando várias partículas formando tudo e aí surgiu”.

O gráfico da Figura 32 reforça o fato de que os alunos desenvolveram noção de Universo extenso e dinâmico apresentada nas respostas da questão 6.

### 5.3.2 A Autoavaliação e a percepção dos alunos

A autoavaliação serviu como espaço de registro da percepção dos alunos, para que pudesse ser realizado um cruzamento do desempenho destes com suas percepções e assim aprimorar as impressões do professor-pesquisador.

A autoavaliação tinha o objetivo de analisar a opinião do aluno acerca:

- 1) Da compreensão dos temas trabalhados;
- 2) Da participação nas atividades e seções de leitura;
- 3) Dos pontos positivos e negativos observados.

O

Quadro 6 **exibe o resultado da autoavaliação aplicada para 24 alunos (N=24), após**

Conheciment os Necessários	Escala de Compreensão						Média <X>	Desv. Padrão
	1	2	3	4	5	6		
Estrutura atômica	13%	17%	29%	13%	17%	13%	3,32	1,59
Partículas elementares	13%	17%	21%	17%	17%	17%	3,48	1,67
Formação dos elementos químicos	13%	29%	21%	4%	21%	4%	2,76	1,53
Classificação dos elementos químicos na tabela periódica	8%	25%	13%	8%	21%	25%	3,72	1,79
Modelos atômicos	13%	4%	25%	25%	17%	17%	3,68	1,56
História dos modelos atômicos	25%	13%	13%	21%	21%	8%	3,16	1,73
Características das partículas	4%	21%	21%	21%	17%	17%	3,64	1,51
História do Universo	13%	21%	21%	4%	13%	25%	3,56	1,85
Ciclo de vida das estrelas	13%	13%	13%	17%	17%	29%	4,08	1,79
Definição de Radiações	4%	46%	13%	17%	8%	13%	3,08	1,52

aplicação da Sequência Didática.

Conhecimentos Necessários	Escala de Compreensão						Média <X>	Desv. Padrão
	1	2	3	4	5	6		
Estrutura atômica	13%	17%	29%	13%	17%	13%	3,32	1,59
Partículas elementares	13%	17%	21%	17%	17%	17%	3,48	1,67
Formação dos elementos químicos	13%	29%	21%	4%	21%	4%	2,76	1,53

Classificação dos elementos químicos na tabela periódica	8%	25%	13%	8%	21%	25%	3,72	1,79
Modelos atômicos	13%	4%	25%	25%	17%	17%	3,68	1,56
História dos modelos atômicos	25%	13%	13%	21%	21%	8%	3,16	1,73
Características das partículas	4%	21%	21%	21%	17%	17%	3,64	1,51
História do Universo	13%	21%	21%	4%	13%	25%	3,56	1,85
Ciclo de vida das estrelas	13%	13%	13%	17%	17%	29%	4,08	1,79
Definição de Radiações	4%	46%	13%	17%	8%	13%	3,08	1,52

**Quadro 6:** Opinião dos alunos acerca da compreensão dos conhecimentos trabalhados na Sequência Didática.

As compreensões sobre os temas trabalhados na Sequência Didática, afora o tema de formação dos elementos químicos, tiveram um resultado positivo na opinião dos alunos.

Apesar dos alunos terem tido pouco contato, durante a sequência, com o ciclo de vida das estrelas, eles consideraram um nível alto de compreensão ( $\langle X \rangle = 4,08$ ), o que indica novamente que esta temática foi de grande interesse para os alunos e reforça o fato de agregar conteúdos de astrofísica na abordagem de física de partículas. Situação similar foi observada na temática da história do Universo ( $\langle X \rangle = 3,64$ ).

O único tema que ficou abaixo da escala positiva de compreensão foi o da formação dos elementos químicos ( $\langle X \rangle = 2,76$ ). Isto indica que o professor pode dar mais ênfase nas atividades relacionadas a este tema, por exemplo, a atividade 6 e o Plano de Discussão 2. Os alunos também tiveram dificuldade em compreender a definição de radiação ( $\langle X \rangle = 3,08$ ).

Os alunos disseram ter uma boa compreensão dos modelos atômicos ( $\langle X \rangle = 3,68$ ). Entretanto, eles tiveram dificuldades com a história dos modelos atômicos ( $\langle X \rangle = 3,16$ ). Porém, esta contradição é mais bem compreendida quando notamos que a média foi reduzida pelo fato 25% de alunos responderem 1 na escala de compreensão, por outro lado, 42% responderam 4 ou 5, segundo as respostas dos alunos.

A avaliação dos alunos com relação à sua participação na Sequência Didática está representada na Quadro 7 e na Figura 33.

**Quadro 7:** Perguntas realizadas na autoavaliação acerca da participação do aluno na Sequência Didática.

Nº	Pergunta	Assunto
1	A leitura foi interessante?	· - ← → ≡ ⊥

2	Consegui participar das rodas de leitura?	
3	Fiz as atividades em casa?	
4	Ouvi atentamente os colegas?	
5	Esperei a minha vez de falar?	
6	Participei oralmente e ativamente das atividades tirando dúvidas com professor e colegas?	
7	Interessei-me pelos trabalhos de pesquisa?	
8	Entendi a relação entre os textos e o conteúdo?	
9	Cuidei da apresentação dos trabalhos?	
10	Tive facilidade com as atividades?	
		Atividades Pedagógicas

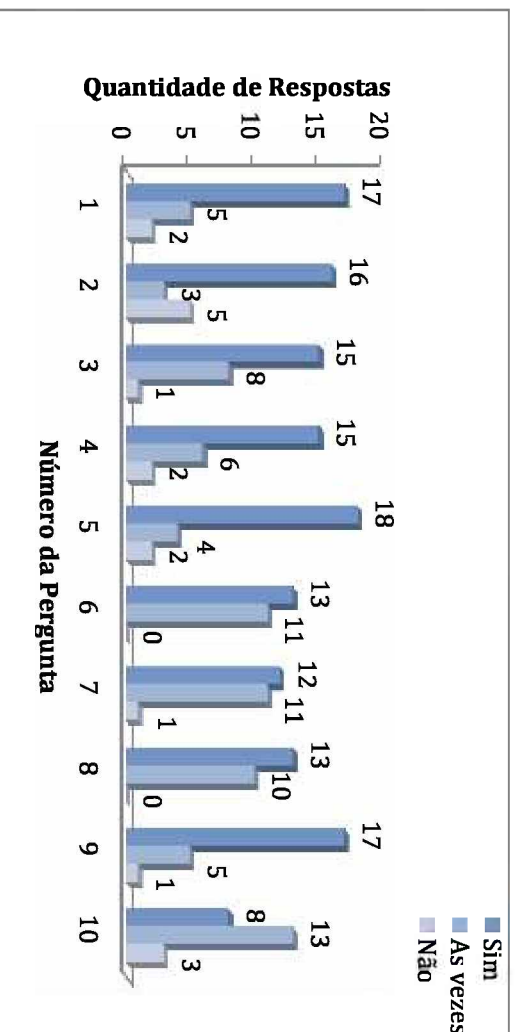


Figura 33: Opinião dos alunos acerca de sua participação nas atividades e Seções de Leitura Reflexiva.

No geral, os alunos expressaram em suas respostas uma atitude positiva na seção de leitura reflexiva (questões de 1 a 5) e positiva, com mais resultados neutros, em relação às atividades pedagógicas (questões 6 a 10).

Este fato foi recebido com surpresa, pois, na prática, o professor observou o contrário: os alunos foram mais proativos durante as atividades do que nas Seções de Leitura Reflexiva.

Ressalta-se que, na visão do professor, um dos principais problemas na aplicação das Seções de Leitura Reflexiva estava relacionado com a pergunta 4, relativa ao respeito à opinião alheia. Entretanto, apenas 2 alunos se colocaram negativamente com relação a ela. Uma possível explicação para isto é que os alunos responderam com base na última Seção de Leitura, quando foi superado o problema das conversas paralelas. Entretanto, alguns alunos lembraram a dispersão como ponto negativo, como será apresentado a seguir.

Por sua vez, as perguntas 6 a 10, referentes à execução das Atividades Pedagógicas, mostraram que os alunos não se preservaram tanto em suas respostas e

apresentaram suas falhas com maior abertura. Destaca-se o resultado da pergunta 10 que indica dificuldades, por parte dos alunos, em realizar as atividades.

Os alunos tiveram problemas com a compreensão dos textos, e, apesar disto, também não levantaram suas dúvidas para o professor em todas as ocasiões, como pode ser interpretado do resultado das perguntas 6 e 8. Essas informações corroboram a percepção da dificuldade com a leitura e a escrita por parte dos alunos, que já foi relatada anteriormente.

Dos alunos, 14 alunos diferentes apontaram 28 pontos positivos da Sequência Didática. Fentre eles, identificamos seus elogios separados por grupos:

*i. Sobre as Seções de Leitura Reflexiva:*

**Aluno 22:** “O que eu achei interessante na aula foi a leitura em forma de U.”

**Aluno 20:** “Histórias bacanas”.

**Aluno 4:** “Leitura em grupo”.

**Aluno 2:** “Aula de leitura”.

*ii. Sobre o formato das aulas:*

**Aluno 12:** “As aulas não foram muito tediosas, elas foram muito divertidas e deu para aprender bem”.

**Aluno 1:** “Boa explicação e conteúdo chamativo”.

**Aluno 10:** “O professor mudou a forma de aplicar o conteúdo e as atividades. Achei bem melhor até me interessei mais na aula”.

**Aluno 18:** “Aulas dinâmicas”.

*iii. Sobre atividades específicas:*

**Aluno 6:** “Trabalhos de apresentação e os trabalhos de resumo”.

**Aluno 3:** “Trabalhos, apresentações e explicação”.

**Aluno 21:** “Leituras, trabalhos, apresentações e atividades”.

**Aluno 11:** “ Trabalho de resumo e de apresentação”.

*iv. Sobre conteúdos específicos:*

**Aluno 5:** “O ciclo da vida das estrelas”.

**Aluno 14:** “Falar sobre os átomos, números atômicos, partículas atômicas. Também a palestra”.

Muitos alunos chamaram a atenção para o formato das aulas, além de considerarem boas as explicações, fatos que indicam que a mediação por comunidades de investigação apoiou os alunos em suas necessidades. Eles também chamaram atenção para o uso da leitura, que reitera a motivação dos alunos em aprender através das leituras reflexivas.

Dos 6 pontos negativos apontados por 3 alunos diferentes tivemos:

**Aluno 11:** “Eu acho super legal a leitura, porém são 2 ou 3 que se interessam. A turma estava dispersa.”.

**Aluno 3:** “Tédio, aula na sala de informática, leituras, trabalho (linha do tempo)”.

**Aluno 6:** “Muito barulho fora do debate”.

Os pontos negativos apresentados reforçam o cuidado do professor em manter um comportamento saudável para o debate. Ademais, tal dificuldade no comportamento sugere a falta de maturidade que indica a necessidade de mais professores abordarem o debate em sala de aula para que se construa uma cultura do pensar, e que essa não seja uma iniciativa isolada.

Mesmo com essas dificuldades entende-se que o resultado foi positivo, já que os alunos concluintes tiveram um bom desempenho nas atividades do curso e na atividade final. Os resultados mostram que o material é potencialmente significativo, e que os alunos dispostos a interagir com o mesmo podem alcançar a aprendizagem significativa.

Como resultado da autoavaliação chegou-se à conclusão de que os Planos de discussão poderiam conter mais opções para os alunos trabalharem o conteúdo extraclasse. Com isto, foram incluídos 2 novos exercícios investigativos e 2 desafios em cada Plano de Discussão.

## Capítulo 6

### Considerações finais

Como conclusão, iniciaremos destacando os fatores mais relevantes para corresponder aos objetivos do presente trabalho. Em seguida, estaremos aptos a considerar até que ponto respondemos à questão de pesquisa.

Primeiramente, criar um material com esta magnitude se mostrou um trabalho árduo e complexo, no sentido de possuir várias formas possíveis de articular legislações, teorias de referência, conceitos e ambiente social. A escolha pelo conteúdo e a forma se deu no sentido de viabilizar uma Transposição Didática e ressaltar o conhecimento prévio e o contexto dos alunos.

Podemos dizer que os textos de fato serviram como veículos de Transposição Didática que permitiram a passagem do saber sábio para o saber ensinado. Uma vez que eles facilitaram a construção de um ambiente dialógico.

A estrutura conceitual abordada na Sequência Didática se apoiou em tópicos de Astrofísica e Cosmologia para explorar a origem das coisas e a formação da matéria, base conceitual principal para a nossa abordagem de Física de Partículas. Essa escolha se mostrou bastante favorável para motivar os alunos que raramente tem acesso a esse tipo de conhecimento na escola.

Para elaborar uma Sequência Didática baseada no diálogo, foi necessário quebrar com paradigmas da escola, dos alunos e até do professor. Materializar esta Sequência só foi possível com uma base teórica sólida e fortemente articulada.

A opinião dos alunos acerca da Sequência Didática demonstrou que os alunos se sentiram contemplados, e, apesar de adversidades como a greve dos caminhoneiros e a copa do mundo, os alunos tiveram boa participação e uma maior disposição para aprender – certamente maior do que nas aulas tradicionais.

Os textos e as atividades propostas foram de fácil aplicação, exigindo pouco ou nenhum recurso além da impressão das atividades para os alunos. A operacionalização da Proposta Didática foi fácil e eficiente. Porém chamamos atenção para que o professor interessado em aplicar esta Proposta estude detalhadamente a metodologia de aplicação, o roteiro da Sequência e a organização dos conceitos e habilidades trabalhados nela.

Conclui-se, dos resultados da aplicação, que a Proposta Didática atingiu o objetivo cativar os alunos para o aprendizado de Física de Partículas. Corroborando com a proposta de mesclar aprendizagem significativa com o desenvolvimento do diálogo crítico em comunidades de investigação.

A partir da aplicação, consideramos que as Seções foram produtivas no sentido de desenvolver o Pensamento de Ordem Superior e levantar subsunçores do conteúdo de Física de Partículas.

A pesquisa indicou uma possível resposta à questão de pesquisa, pois a Proposta Didática obteve resultados positivos no que diz respeito à aprendizagem significativa de conceitos, paralela a uma evolução do pensamento de ordem superior dos alunos. Deste modo, trabalhar uma Sequência Didática com ênfase no trabalho colaborativo em comunidades de investigação baseado em seções de leitura em grupo se mostra uma alternativa viável e positiva para a aprendizagem significativa de Tópicos de Física de Partículas.

Com isto, os objetivos do trabalho foram elucidados, dando voz às respostas sobre a questão de pesquisa:

*“De que forma uma abordagem de Física de Partículas centrada no diálogo estimula a aprendizagem significativa e o pensamento crítico-criativo-reflexivo dos alunos de Ensino Médio noturno?”*

A abordagem centrada no diálogo testada trouxe evidências de Aprendizagem Significativa. Ou seja, tal estratégia levou, em algumas ocasiões, os conhecimentos prévios dos alunos a apoiarem a assimilação de novos conhecimentos.

Tal abordagem também favoreceu o pensamento crítico-criativo-reflexivo dos alunos, ainda que para muitos deles, de uma forma ainda tímida, foi perceptível uma maior disponibilidade para formular perguntas, problematizar hipóteses e construir as linhas de ação filosóficas para resolver situações problema.

Isto posto, o presente trabalho é principalmente indicado para professores que:

1) Ao se chocarem com as dificuldades intelectuais dos seus alunos em sala de aula, procuram inteirar-se sobre abordagens educacionais ativas que favoreçam a leitura, o pensamento crítico-criativo-reflexivo.

2) Têm o interesse de aplicar uma sequência baseada em aprendizagem significativa e que anseiam por uma exposição simplificada, acessível e preocupada com o contexto dos alunos, que forneça uma base teórica associada às práticas de ensino em sala de aula. Em comum, os dois perfis de professores também devem buscar a inovação curricular enfatizando conteúdos de física moderna e contemporânea.

No entanto, este trabalho abre novas possibilidades de estudos e aplicações para professores-pesquisadores alinhados com os objetivos propostos nesta dissertação de se valerem da organização didático-pedagógica aqui trabalhada.



## 6.1 Sugestões de estudos futuros

Uma sugestão para possíveis trabalhos futuros seria a reaplicação da Proposta Didática, levando em consideração diferentes contextos e desenhos de pesquisa que abarcassem novos pontos de vista. E assim avançar no sentido de responder a perguntas que ainda se mantiveram em aberto, como: qual o efeito do diálogo crítico na aprendizagem significativa de conceitos?

Com este trabalho, buscamos incentivar e contribuir com trabalhos que ressaltem a abordagem filosófica e reflexiva como caminho para a Aprendizagem Significativa, contemplando uma atualização curricular da Educação Básica e explorando temáticas da Física Moderna e Contemporânea.

Recomendamos, também, para estudos posteriores, investigações para buscar compreender o impacto do uso da leitura coletiva de histórias na motivação e facilitação da aprendizagem de conceitos.

Ao longo da aplicação da sequência observamos os alunos com maior segurança e disposição para formular hipóteses e perguntas. Os alunos apresentaram também maior capacidade em ouvir o outro, fundamental para se apropriar e problematizar discursos.

## 6.2 Potenciais melhorias

O desenvolvimento de um Pensamento de Ordem Superior ficou evidente diante da resolução das aplicações das atividades e das atividades extraclasse.

Infelizmente, alguns conteúdos e lacunas de conhecimento prévio foram observados. Para contrapor este problema incluiríamos mais exercícios investigativos e desafios nos Plano de Discussão, para favorecer a autonomia do professor.

O conteúdo de Astrofísica & Cosmologia se mostrou de grande interesse dos alunos e funcionou como um facilitador da transposição didática de física de partículas atribui-se a isto o fato destes conteúdos despertarem a curiosidade dos alunos e serem pouco explorados no ensino fundamental. Abre-se com isto a oportunidade para trabalhos futuros que aprofundem a conexão entre essas áreas da Física em sala de aula.

Como ferramenta de avaliação da Proposta Didática seria interessante incluir outras formas de evidenciar a aprendizagem significativa como, por exemplo, explorando a confecção de mapas conceituais, diagramas V. Essas avaliações também poderiam ser aplicadas em várias etapas da Sequência Didática. Para que assim se analise mais especificamente o enriquecimento da estrutura cognitiva dos alunos.

No presente trabalho tivemos a **experiência de aplicar** a leitura de textos autorais em sala de aula. **Recomendamos fortemente a investigação sobre o uso de textos da própria literatura clássica brasileira** como ferramenta de **transposição didática**, reforçando a **construção de habilidades do domínio da língua portuguesa**. Os alunos se mostraram bastante envolvidos com a leitura dos textos.

Após a aplicação da Proposta Didática, **concluimos que trabalhos futuros poderiam investigar a motivação dos alunos quantitativamente pela contabilização da adesão dos alunos à leitura em grupo e o número de interações aluno-aluno, professor-aluno**. Associando essas considerações às perguntas formuladas oralmente e escritas nos mapas de perguntas.

Com isso, poder-se-ia ter um quadro mais detalhado sobre o desenvolvimento do **Pensamento de Ordem Superior, além de trazer evidências de Aprendizagem Significativa**.

## Referências Bibliográficas

AIUB, Monica. '*Interdisciplinaridade: da origem à atualidade*'. O Mundo da Saúde, v. 30, n. 1, p. 107-16, 2006.

Almeida, M. J. P. M.; Ricon, A. E. '*Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de física*'. Caderno Catarinense Ensino de Física, v. 10, n. 1, 1993.

Almeida, M. J. P. M. de e Sorpreso, T. P. '*Dispositivo analítico para compreensão da leitura de diferentes tipos textuais : exemplos referentes à Física*', 1(64), pp. 83–95, 2011.

Ausubel, D. P. *Psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning*. Edited by G. & Stratton. Nova Iorque, 1968.

Ausubel, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, *Journal of Chemical Information and Modeling*. doi:10.1017/CBO9781107415324.004, 2000.

Ausubel, D. P. , Novak, J. D. and Hanesian, H. *Educational psychology: A cognitive view*. Vol. 6. Edited by R. and W. Holt. New York, 1968.

Barp, J. '*Uma proposta de trabalho orientada por projetos de pesquisa para introduzir temas de física*', 2016.

Brockington, G. e Pietrocola, M. '*Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?*', *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), pp. 387–404. doi: ISSN 1518-8795, 2005.

Caballero, C. '*Aprendizaje significativo y desarrollo de competencias*', *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* –, 1(2), pp. 27–42, 2011.

Calheiro, L. B. '*Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio*', 2014.

Dinis, C. M. dos S. J. '*O que é Filosofia para Crianças: Programa de Matthew Lipman*', 2011.

Glynn, S. M. e Muth, K. D. '*Reading and Writing to Learn Science : Achieving Scientific Literacy*', 31(9), pp. 1057–1073, 1994.

- Gowing, D. B. *Educating*. 1<sup>o</sup>. London, UK: Cornell University Press, 1981.
- Jerzewski, V. B. '*Partículas elementares e interações : uma proposta de mergulho no ensino e aprendizagem através de uma sequência didática interativa.*', FURG, 2015.
- Junior, O. A. C. '*Material didático de apoio ao professor sobre tópicos de partículas elementares para o ensino médio.*' UFPA, 2014.
- Lemos, E. S. '(Re)situando a teoria de aprendizagem significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências', *Revista Brasileira de Pesquisa em educação em Ciências*, 5(3), pp. 38–51, 2005.
- Lima, J. M. de, Sousa, J. M. de e Germano, M. G. 'A Literatura de Cordel como veículo de popularização da ciência : uma intervenção no ensino de Física', 2007.
- Lima, L. G. de e Ricardo, E. C. (2015) 'A literatura como ferramenta didática no ensino de mecânica quântica para o ensino médio', pp. 9–10., 1978.
- Lipman, M. *Thinking in Education*. Edited by C. U. Press, 2003.
- Lipman, M., Margaret, S. A. e Frederick, S. O. *A filosofia na sala de aula*. Nova Alexandria, 1997.
- Lozada, C. de O. '*O essencial invisível aos olhos: uma viagem divertida e colorida pela estrutura da matéria através de uma sequência de ensino- aprendizagem para a introdução de física de partículas elementares na 8<sup>a</sup> série do ensino fundamental*', 2007.
- MAIA, M. C. '*Uma abordagem do modelo padrão da Física de Partículas acessível a alunos do Ensino Médio.*' UFCE, 2011.
- Martinand, J.L. (2003) 'La question de la référence en didactique du curriculum', *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), pp. 125–130, 2003.
- Moreira, M. A. '*Pesquisa em ensino: O vê epistemológico de Gowin.*' Edited by E. P. e U. EPU. São Paulo, 1990.
- Moreira, M. A. 'O Bóson de Higgs : uma conjectura audaz ?', *Ensino e Tecnologia em Revista*, pp. 141–157, 2017.

Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. M. *Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel*. 2<sup>o</sup>. Edited by Centauro. São Paulo, 2006.

Nascimento, M. M. (2016) *Análise de produtos educacionais desenvolvidos no âmbito de um mestrado profissional em ensino de física*, 2016.

Pereira, J. M. e Londero, L. ‘O Ensino De Partículas Elementares Por Meio Da Leitura De “ Alice No País Do Quantum ”’, in *Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF*, pp. 1–8, 2013.

Perrenoud, P. ‘La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences’, *Revue des sciences de l’éducation*, 24(3), pp. 487–514, 1998.

Piassi, L. P. e Pietrocola, M. ‘Quem conta um conto aumenta um ponto também em Física: Contos de ficção científica na sala de aula’, 2005.

Plumley, C. L. e Smith, P. S. ‘A Review of the Research Literature on Teaching about Small Particles Model of Matter to Elementary Students’, 2016.

Silva De Souza, T. ‘O ensino de Filosofia para crianças na perspectiva de Matthew Lipman’, p. 14, 2006.

Siqueira, M. e Pietrocola, M. ‘A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: a Física de partículas elementares no Ensino Médio’, *Enpef*, pp. 1–10, 2006.

# APÊNDICES

## Apêndice A

### Produto Educacional

### Materiais para Seções de Leitura Reflexiva

#### Textos Reflexivos - Laura e o Universo

##### *Texto 1 - Laura e o Universo*

Laura, uma menina curiosa e destemida, tinha uma pergunta que não lhe saía da cabeça. E por mais que já tivesse perguntado para várias pessoas, ninguém até hoje conseguiu lhe dar uma resposta que a deixasse satisfeita. Ela queria muito saber *de onde e quando surgiram todas as coisas que ela via acontecendo hoje*. Não lhe parecia certo que tudo sempre estivesse ali daquele jeitinho que ela via.

Um dia, Laura acordou de repente de um sonho muito estranho. Ela sonhou que o tempo podia voltar, e ela se viu voltando a ser criança brincando na quadra 18 da Fercal onde mora até hoje; depois se viu voltando a ser um bebê no colo de sua mãe; depois mergulhada no líquido quente do útero, pequenininha, e diminuindo até o ponto em que era apenas uma pequena partícula silenciosa.

Ela acordou assustada! O que ela viu em seu sonho nunca havia passado pela sua cabeça. “Todas as pessoas vieram de uma única coisa, uma partícula invisível que não estava ali por acaso” refletiu Laura. Lembrou que uma vez sua avó Maria lhe contou sobre o dia que conheceu seu avô Pedro. Foi num dia em que faltou água na rua dela e ela teve que ir pedir um balde d’água numa vizinha da rua de cima. Foi Pedro quem encheu o balde dela e depois desse encontro casual Maria e Pedro nunca mais pararam de se ver. Ou seja, se a água não tivesse faltado naquele dia, talvez Laura não estivesse neste mundo hoje. “Nada é por acaso!”, pensou Laura sorrindo por dentro.

Laura levantou ainda meio cambaleando de sono. Caminhou até a sala, sua mãe estava passando roupas enquanto assistia a um programa na televisão. “Bom dia, mãe!”, disse Laura meio rouca. O repórter estava entrevistando uma moça que estava explicando a evolução das espécies. Ela dizia que desde os macacos até as árvores, tudo que é vivo tem um antepassado comum, tudo tinha vindo da mesma coisa, e que, provavelmente, esse antepassado foi uma pequena bactéria que nasceu, se desenvolveu, se duplicou e depois morreu.

Laura achou aquilo tudo muito interessante! Era como se ela conseguisse enxergar as conexões que de alguma forma existem entre todas as coisas, até mesmo neste dia tão curioso. “Nossa! Eu tô viajando!” debochou de si mesma. “... viajei no tempo em sonho e agora acordada! Não estou indo longe demais? O que outros animais têm a ver comigo quando criança, ou com minha avó, ou com o instante em que o espermatozoide de meu pai fecundou o óvulo de minha mãe ainda no útero dela? Melhor parar de pensar nessas coisas!”, concluiu.

Enquanto isso, na rua de cima, sua amiga Alice escrevia uma mensagem para Laura. “E aí amiga, cadê você? Bora lá no mirante? Preciso trocar uma ideia contigo! Aquele cafajeste do Kevinho fez uma parada que você não vai acreditar...”. Laura soube logo que as coisas estavam feias, pois as mensagens de Alice estavam cheias de *emoticons* furiosos.

Ela decidiu então ir até o mirante encontrar sua amiga. “É bom que eu esvazio esses pensamentos doidos e aproveito para tomar um ar!”, pensou enquanto trocava de roupa. Saiu de casa rapidinho. Sua mãe gritou lá de dentro “Vai sair com esse shortinho menina? Não tem juízo não?”, “Tá tudo bem, mãe! Te amo!”, respondeu fechando o portão. Ela caminhou pela rua sentindo o vento e respirou aliviada. Era bom sair de casa sem estar correndo atrasada para escola. Mas quando ela chegou ao mirante, viu de longe que Alice estava muito brava. “Que cara é essa, garota? O quê que o zé bonitinho fez dessa vez?” perguntou Laura tentando arrancar um sorriso de Alice. Laura conhecia Kevinho desde o ensino fundamental. Ela sabia que ele dava em cima de todas as meninas e que era muito safado. “Tenho certeza que o Kevinho vacilou feio, deve ter se amassado com alguma guria e ela deve ter visto tudo”, pensou.

Alice contou que Kevinho queria terminar o namoro porque estava afim da Aninha, a filha do padeiro. Ela disparou a falar com muita raiva, e enquanto contava palavra por palavra da conversa que ela e Kevinho tiveram, Laura tentou prestar atenção. Mas a paisagem à sua frente fez com que a voz de Alice ficasse distante, perdida entre os morros do Grande Colorado. “Aqueles morros tem um formato tão estranho”, pensou Laura, “Como será que eles foram parar ali? Será que existem morros como estes por todo o Planeta Terra? Será que eles estarão ali ainda daqui uns mil anos?”. As perguntas ficavam cada vez mais esquisitas, mas Laura não conseguia evitar.

“Laura? Você tá me ouvindo?” cutucou Alice. “Sim! Claro!” disse Laura sem graça. Alice continuou falando de seu namorado, ou a esta altura seu ex-namorado, por mais um tempinho. Até que Laura propôs à amiga “Para de pensar nisso agora amiga! Vamos almoçar lá em casa hoje? Eu ainda preciso ajudar minha mãe com umas coisas

antes de ir para a escola. Você pode ficar lá de boa enquanto eu preparo um rango para nós e aí a gente pode dar uma estudada de leve para a prova de física. Que acha?”, disse Laura já puxando Alice pela mão. Alice topou. Elas ainda foram conversando sobre o Kevinho e a Aninha e conseguiram rir muito imaginando o Seu Queiróz, o padeiro, correndo atrás do Kevinho com o rolo de amassar pão.

Quando chegaram na casa de Laura, elas viram seu pai trabalhando. Ele estava construindo a churrasqueira de sua casa. Aliás, foi ele mesmo quem construiu a casa dela todinha nos intervalos entre o expediente na fábrica de cimento, onde trabalha à tarde. Laura sempre achou aquilo uma coisa incrível. Seu pai havia demorado dois anos e construiu uma casa muito boa com um quarto pra cada um. Ela tinha orgulho de seu pai e sempre o ajudava quando podia e o que ela achava mais incrível era ajuda-lo a fazer cimento. Simplesmente misturando água, pedra e um pó cinza ela criava o cimento que mais parecia uma cola.

“Oi pai! Bença!”, disse dando-lhe um abraço forte. “Deus te abençoe, minha filha! Já estudou pra prova?”, perguntou ele. “Claro, pai! Mas vou estudar mais um pouquinho agora com a Alice.”, respondeu. “Ótimo! Eu trouxe um presente para você. Tá lá na mesinha da sala numa sacola amarela”. Laura abriu um sorriso, puxou Alice pela mão e entrou em casa animada. Ela já sabia o que era o tal presente. Uma lente de óculos daqueles “fundo de garrafa” que seu pai ficou de pedir pra um amigo da fábrica. Ele sabia que Laura estava fazendo uma experiência para um trabalho da escola e que precisava montar um microscópio. Ela já tinha montado tudo, só faltava uma boa lente de aumento para ela conseguir terminar. “Te amo tanto pai!”, pensou cheia de alegria enquanto abria a tal sacola amarela.

Ela correu para seu quarto para ver se a lente ia funcionar. Alice veio atrás. Laura então encaixou no seu microscópio caseiro e olhou ao redor procurando algo para testar seu experimento. Tinha um pedaço de tijolo na janela. Ela pegou e colocou aquele pedaço de tijolo sob a lente. Observou que o tijolo, que parecia ser tão rígido e compacto, na verdade não era nada homogêneo. Dava para ver que ele era feito de pequenas pedrinhas menores, cada uma com um formato e cor diferente. “Uau! Que viagem!”, falou Laura impressionada com o que estava vendo. “Que foi?”, indagou Alice empurrando Laura para ver também. “Eu pensei que os tijolos eram feito de um único material. Mas na verdade é um monte de coisinha junta. Será que se eu conseguir enxergar dentro das coisas eu vou acabar descobrindo mais coisas novas dentro delas?”, perguntou para si mesma em voz alta. “Amiga, você tá filosofando demais hoje, hein!”, riu Alice.



## *Texto 2 – Sopa Cósmica*

Todos os dias Laura preparava uma marmita e levava para seu pai almoçar na fábrica de cimento. Ela era uma cozinheira de mão cheia e sua mãe ficava muito feliz por ela lhe ajudar com essa tarefa.

Em certo dia, quando ela foi lavar a frigideira, reparou uma coisa muito interessante. As gotas de sabão estavam espalhando a sujeira que boiavam sobre o óleo, como se o sabão pudesse empurrar a sujeira para longe. “Nossa! Que engraçado! Como será que o sabão faz isso se ele nem chega a tocar a sujeira?” perguntou para si mesma. Então ela jogou um pouco de sabão numa parte da frigideira em que não havia sinal de sujeira e viu que toda aquela sopa de óleo se movimentou até as bordas da panela, onde pararam novamente. Ela ficou tão entretida experimentando aquela reação que tomou um baita susto quando seu irmão Lírio jogou seu prato sujo na pia. “Lava aí pra mim, mana! Tô atrasado para o treino!”, disse Lírio já saindo. “Aproveita e não volta mais, seu moleque!” gritou Laura com raiva.

Laura e Lírio eram irmãos gêmeos. Eles eram tão parecidos que sua mãe sempre dizia que ainda bem que um era homem e a outra mulher, senão não ia ter quem diferenciasse. Eles tinham a mesma altura e praticamente o mesmo peso. Até a voz dava para confundir às vezes. Mas mesmo tão parecidos fisicamente, eles eram muito diferentes em vários aspectos. Laura gostava de estudar e sonhava em ser cientista. Já Lírio só queria saber de jogar futebol e todo ano ficava de recuperação em alguma matéria. Além disso, eles viviam brigando, pois Laura não gostava nem um pouco do fato de Lírio não ajudar nas tarefas de casa só porque era homem. “Ainda bem que vocês ainda conseguem se controlar! Por que do jeito que sempre saem faíscas pelo ar quando vocês se encontram, se vocês se batessem não ia sobrar pedaço de nenhum dos dois...”, disse Alice uma vez.

Laura estava ansiosa naquele dia. Era dia de prova e ela teve pouquíssimo tempo para estudar. “Se Lírio fosse uma pessoa legal, ele levaria a marmita para o papai pelo menos dessa vez! Aí eu poderia revisar o conteúdo da prova antes de ir pra escola.”, resmungou enquanto colocava a vasilha na mochila. “Tem hora que eu queria poder parar o tempo!”.

Ela pegou sua bicicleta e pensou nos lugares por onde vai passar até chegar à fábrica de cimento. Nesse dia ela teria que ir pelo menor caminho para conseguir chegar a tempo, o que não a deixava nenhum pouco contente, pois além de ser o caminho mais arriscado e cruzar a pista onde passam os caminhões, ela não passaria na frente da casa

do Leo, seu “crush”, o que a deixava muito triste. “Ainda bem que tomei um café da manhã reforçado!”, pensou se sentindo bem energizada.

Laura começou a pedalar num ritmo lento e foi acelerando aos poucos. Logo ela já estava suando e ofegando. Mesmo assim ela acelerou mais um pouco, pois era um dia muito importante e ela não queria perder a prova de jeito nenhum. Passou para a marcha mais “dura” da bicicleta e investiu todo o seu esforço para chegar logo no trabalho do pai.

Quando ela finalmente chegou à fábrica, percebeu que seu pai não estava no local marcado. Havia uma grande agitação entre os funcionários, que se agitavam enquanto carregavam com cimento alguns recipientes de ferro que mais parecem bacias gigantes. Esses recipientes eram içados por vários cabos de aço até a carroceria dos caminhões. “Como será que esses cabos sustentam tudo isso?” indagou Laura tirando seu celular da mochila. Ela tentou ligar para seu pai, mas seu telefone estava sem sinal. “Era só o que faltava! Parece que tudo está conspirando contra mim hoje, credo!” reclamou dando alguns passos para o lado e levantando o celular para encontrar o sinal. “Como será que os telefones percebem quando tem sinal? Tenho certeza que em algum lugar aqui deve ter! Muito doido isso! Como é que deve ser esse tal sinal? Será que é uma espécie de luz invisível?” questionou Laura.

Laura ouviu a voz de seu pai chamando. “Finalmente!”, exclamou entregando a marmitta para ele. “Desculpe, pai! Preciso me apressar!”, disse já subindo na bicicleta. Ela acelerou o mais rápido que pôde novamente pelo caminho mais perigoso.

Foi em um piscar de olhos. Laura ouviu uma buzina alta e longa. Tomou um susto e jogou a bicicleta para o acostamento da rua. O caminhão passou de raspão. Laura deu de cara em um poste e caiu estatelada. Ela ficou ali esticada no chão por alguns minutos, mas teve a impressão de passar horas ali. “Que susto! Ainda bem que eu bati no poste parado e não no caminhão. Na velocidade que ele tava, eu podia ter me quebrado em mil pedaços!”, pensou consigo mesma quando finalmente conseguiu se levantar. Seu rosto estava doendo muito e seu nariz sangrando.

Laura foi parar no Hospital. Esperou durante horas para ser atendida e, o pior, perdeu a prova. Ela foi atendida e encaminhada à sala de Raio-X. Enquanto se posicionava para fazer o exame de Raio X, ela pensava como aquilo era estranho. Algo que atravessava a pele dela e podia mostrar o que tinha por baixo. E, mais estranho ainda, ela nem conseguia ver aquilo que passava por ela. Por um instante ela se lembrou de quando ela procurava o sinal do celular.

“Seu nariz está quebrado.” disse o médico ao analisar o resultado da radiografia. “Poxa vida!”, pensou Laura, “Mais essa agora! Perdi a prova de física e ainda quebrei o nariz. Sou muito azarada mesmo! Quinze dias de atestado? Vai ser uma eternidade!” resmungou para sua mãe quando voltavam pra casa.

### *Texto 3 – Descobertas e visões de Laura*

Laura já não se aguentava mais de ansiedade para voltar para a escola. Depois de tantos dias de repouso, ela com certeza devia ter perdido muita coisa interessante nas aulas. Para ela, cada um dos conteúdos era extremamente importante, já que seu maior sonho era ser uma cientista renomada. Ela queria trabalhar com telescópios, para observar o céu e seus mistérios.

Na manhã do décimo quinto dia após o acidente, Laura voltou ao hospital para retirar o curativo que fizeram em seu nariz. Sua amiga Alice a acompanhou até lá. Enquanto esperavam o atendimento, Alice contava para Laura as novidades de seu rolo com Kevinho, mas Laura só conseguia pensar em como teria ficado seu nariz. “Estou preocupada do meu nariz ter ficado torto. Meu narizinho era tão lindo! E este curativo infeliz que não me deixa ver nada! Quem dera eu pudesse fazer igual aquele Raio X e atravessar esse curativo para ver como estão as coisas lá dentro.” disse Laura. Alice riu da amiga.

Quando a enfermeira tirou o curativo de Laura, ela logo perguntou para Alice “Como está?”. “Está em 120% amiga, pode ficar tranquila!”, respondeu a amiga. Laura criou coragem e olhou seu reflexo no espelho. “Não acredito! A pontinha parece que está fora do lugar! Meu nariz ficou torto!”, disse quase chorando. Alice tentou tranquilizá-la, “Amiga, eu te conheço desde o berço! Se tivesse qualquer assimetria no seu rosto eu seria a primeira a perceber!”. Laura achou interessante a palavra “assimetria” que sua amiga usou para descrever o nariz torto.

Laura estava triste pelo seu nariz, mas esse não seria um motivo para ela deixar de voltar à escola. No primeiro dia de volta às aulas, sua satisfação por estar ali era tanta que ela decidiu ir mais cedo para poder ir à biblioteca estudar aquilo que tinha perdido.

No caminho, ela observou os grupinhos de colegas conversando perto da lanchonete e pensou em como era fácil perceber o estilo de cada grupo só de olhar para eles, como eles se vestiam, o que usavam, até mesmo como falavam. Os alunos mais estudiosos ficavam sempre meio deslocados, reunidos em pequenos grupos, normalmente sentados conversando baixo e com livros ou revistinhas. Enquanto que os mais saíndinhos, aqueles que nunca recusavam uma festa, se reuniam no meio do pátio, tinham um jeito mais despojado, com roupas coloridas e chamativas e sempre conversavam alto para “todo mundo” ouvir.

Quando Laura chegou à biblioteca ela **observou** as várias prateleiras que estavam lá. Ela viu que também era possível entender os tipos de livros em cada parte da biblioteca só vendo o seu conjunto. Tinha uma prateleira pequena cheia de livros coloridos. Era óbvio que eram os livros infantis, com historinhas divertidas para crianças lerem e descobrirem diferentes cores e formas. Já a parte com apostilas e livros grossos era a parte mais voltada para provas de concurso. Ela lembrou que sempre ia naquela parte da biblioteca no início do ano, pois ela sempre pegava alguma apostila do ENEM.

De repente, Léo, seu “crush”, entrou na biblioteca. Ele viu Laura, sorriu e se aproximou. Laura arrepiou até os cabelos do dedão do pé; não queria que ele visse o nariz torto dela. “Vamos ali fora? Preciso te falar uma coisa.”, disse Léo baixinho em seu ouvido. Laura ficou chocada com o convite e levemente constrangida, mas seguiu Léo para fora da biblioteca. “Ele finalmente decidiu me dar bola!” pensou. Para sua insatisfação, Léo começou dizendo que estava olhando o resultado do ENEM. Laura já havia esquecido este resultado. Ela não gostou da prova e não queria nem saber do resultado. Léo tirou um papel dobrado de dentro do bolso do casaco e entregou para Laura. “Eu imprimi para mostrar para minha mãe.”, explicou ele. Laura abriu o papel. Era a lista de aprovados.

Para a surpresa de Laura, seu nome estava na lista. Um misto de felicidade e euforia tomou conta de sua mente! “Vou ser a primeira pessoa da família a fazer universidade! Meus pais vão amar essa notícia!”, exclamou, dando um abraço apertado em Léo. Laura foi aprovada para o curso de Engenharia Aeroespacial, e Léo para Artes Visuais. A história deles estava só começando.

## Planos de Discussão

### *Plano de Discussão 1 - Laura e o Universo*

#### **Dica para o professor durante o debate na seção de leitura reflexiva:**

Procure estimular os alunos com perguntas sobre as origens e as formas de explorar os constituintes de tudo que conhecemos, para que os alunos investiguem a percepção de que a matéria é composta por entidades menores, tente oferecer exemplos diretos que representem as diminutas dimensões das moléculas e átomos.

#### *Perguntas-chave:*

- De onde eu vim?
- Por que sou parecido com minha mãe ou meu pai? Meu avô ou avó?
- Como começou a história da minha família?
- Há quanto tempo os seres humanos existem?
- O que havia antes da primeira pessoa aparecer?
- De onde vieram as coisas? E antes? E antes ainda?
- Quantos anos têm nosso Planeta Terra? E o Sol?
- Como funciona a lente dos óculos? E de um microscópio?
- Por que o microscópio consegue ampliar as imagens?
- Laura percebeu que por que os mesmos átomos encontrados na Terra também podem ser encontrados em outros lugares do Universo?
- Existem blocos elementares que constroem o todo?
- O que é Fundamental?
- Do que o Mundo é Feito?
- Como descrever Laura?
- Quem é Laura?
- Onde Laura mora?
- Você se parece com Laura?
- Alguma das perguntas de Laura você já fez antes?
- Você concorda com Laura que "Tudo veio da mesma coisa"?
- Quais pistas levaram Laura pensar o que tinha acontecido com a sua amiga?
- Que pistas a natureza oferece para nós sobre aquilo que coisas são feitas?
- Por que Rutherford usou uma lâmina de ouro e não de cobre, que seria muito mais barato?

#### *Novas Perguntas:*

---

---

---

---

## Exercícios Investigativos:

1. **Você saberia dizer qual é a menor partícula do mundo?**  
(Veja mais em <https://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/redacao/2015/11/05/cli-que-ciencia-qual-e-a-menor-particula-do-mundo.htm>)
  2. **Realize uma pesquisa sobre a formação da Terra. Explore as informações a partir das seguintes perguntas:**
    - a) O que é uma montanha?
    - b) Por que no Brasil não há montanhas?
    - c) Isso tem a ver com a formação do nosso Planeta?
    - d) Como foi formado nosso Planeta?
    - e) Quantos anos tem o Planeta Terra?
- Utilize a tabela de múltiplos e submúltiplos das unidades de medida para responder aos seguintes exercícios 3 até 8:

Múltiplos			Submúltiplos		
Símbolo	Nome	Fator	Símbolo	Nome	Fator
E	Exa	$10^{18}$	d	deci	$10^{-1}$
P	Peta	$10^{15}$	c	centi	$10^{-2}$
T	Tera	$10^{12}$	m	mili	$10^{-3}$
G	Giga	$10^9$	$\mu$	micro	$10^{-6}$
M	Mega	$10^6$	n	nano	$10^{-9}$
k	quilo	$10^3$	p	Pico	$10^{-12}$
h	hecto	$10^2$	f	femto	$10^{-15}$
da	deca	$10^1$	a	atto	$10^{-18}$

3. A espessura de uma folha de papel é 0,3 mm. Uma resma desse papel tem quantos centímetros de espessura? (resma = 500 folhas)
4. A trajetória da estação de trem até a escola é de aproximadamente 720 metros. Se cada passo de Maria mede 45 cm, quantos passos ela dá nesse trajeto?
5. O João das pedras deixa cair uma pedrinha branca a cada 10 passos. Cada um dos seus passos mede 50 cm e ele tem 328 pedrinhas no bolso. Quantos metros ele percorreu no momento em que deixa cair a última pedrinha?
6. A distância média da Terra ao Sol é de 149600 Gm. Como essa distância é escrita em notação científica, se expressa em metros?
7. O raio atômico do átomo de Carbono é de 70 pm. Como essa distância é escrita em notação científica, se expressa em centímetros?

## Desafios:

### Desafios 1- Decomposição de materiais:

Referência: <https://www.agron.com.br/publicacoes/noticias/noticia/2013/07/05/034788/elementos-e-materiais-da-natureza.html>

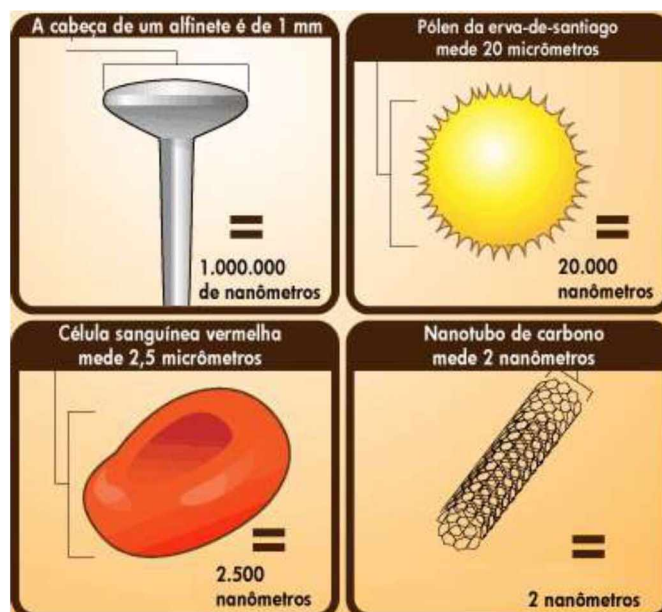
Na natureza não há lixo. Os elementos que formam os materiais são utilizados por diversos seres vivos em ciclos de consumo nos quais nada se perde. Assim, os constituintes de um objeto passam a fazer parte de outra estrutura. Estes são os chamados processos de decomposição natural, que normalmente ocorrem através de reações químicas.

Tempo de decomposição dos materiais na natureza	
Materiais	Tempo de decomposição
Papel e papelão	3 a 6 meses
Plástico	Até 450 anos
Metal	Cerca de 450 anos
Vidro	Indeterminado
Isopor	Indeterminado
Madeira	6 meses
Pilhas	Até 500 anos
Óleos	Indeterminado
CD	Até 800 anos
Borracha	Indeterminado

- Quais fatores estão relacionados com o tempo de decomposição de cada tipo de material?
- Considerando a diferença entre Resíduo e matéria prima, como seria possível utilizarmos os mesmos átomos para fazer diferentes objetos?

### Desafios 2- Manipulação de átomos e novos materiais:

Referência: [http://www.cbpf.br/~desafios/index\\_l.php?p=12desafios/manip\\_atomos](http://www.cbpf.br/~desafios/index_l.php?p=12desafios/manip_atomos)





Assim como um guindaste pode posicionar pesados blocos de concreto para construir estruturas gigantescas, no outro extremo a ciência já é capaz de fazer algo semelhante com os átomos. Em 1989, uma empresa norte-americana conseguiu a façanha de manipular 35 átomos do elemento químico xenônio e escrever com eles seu nome sobre uma placa. 'Nanotecnologia' consiste principalmente no tratamento, separação, consolidação e deformação dos materiais por um átomo ou uma molécula, na escala nanométrica. (Informações adicionais:  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ , que  $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ,  $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$ ).

- Quantos nanotubos de carbono cabem um fio de cabelo de 60 micrometros?
- Quantos átomos de carbono de  $170 \times 10^{-12}\text{m}$  cabem dentro de um nanotubo de carbono?
- Estime quantas células vermelhas cabem em um litro de sangue.

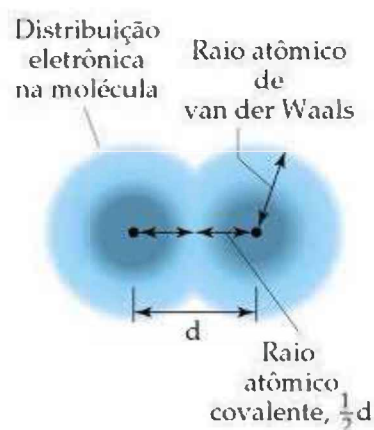
### Desafio 3 – Raio atômico teórico:

#### Referência:

<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamanho-dos-atomos.html>

O tamanho de um átomo pode ser estimado pela metade da distância média entre os núcleos dos átomos ligados. Este é o chamado Radio atômico Covalente. Só é possível estimar aproximadamente o tamanho dos átomos, pois as nuvens eletrônicas não têm fronteiras muito definidas. Por isto, o tamanho de um átomo é definido como o tamanho da superfície limite que contém no mínimo 90% de sua carga eletrônica.

(Informações adicionais:  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ , que  $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ,  $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$ )



Considerando as informações anteriores responda:

- Qual o raio atômico do fósforo (P) se a distância entre dois núcleos é de 424 pm?
- Qual o raio atômico do fósforo (P) em metros?
- Qual a distância, em metros, entre dois núcleos de Lítio (Li) se o seu raio atômico é de 58 pm?
- Qual a quantidade mínima de carga eletrônica dentro do raio atômico de um átomo de Césio (Cs,  $Z=55$ )?

## *Plano de Discussão 2 – Sopa Cósmica*

### **Instruções para o aluno realizar atividades em comunidade de investigação:**

- Reúna-se em comunidades de investigação de até quatro alunos;
- Escolham 2 perguntas-chave e 2 exercícios investigativos para responder;
- Em caso de dúvidas dialogue com o colega para tentar encontrar uma resposta. Se for preciso, registre as possíveis respostas para as perguntas que surgirem no Mapa de Perguntas para que posteriormente possamos fazer uma votação escolhendo a melhor resposta;
- Fique atento às dúvidas dos colegas e troque o máximo de informações para encontrar as melhores respostas;
- O professor estará disponível para contribuir com a investigação por respostas, porém, só o chame em caso de a comunidade de investigação já tenha tentado encontrar as respostas de muitas maneiras.
- Lembre-se que, mesmo o professor não dando as respostas prontas, sua função durante a investigação é problematizar e aperfeiçoar os seus questionamentos e isso é fundamental para seu aprendizado!

### *Perguntas-chave:*

1. O que vocês entendem por força?
2. Os objetos podem se influenciar sem tocar um no outro?
3. Você saberia dizer outra situação do dia-a-dia que dois objetos se influenciam à distância?
4. De onde vêm as forças?
5. Quais são os tipos de características físicas um objeto pode ter?
6. Como caracterizar átomos e partículas?
7. Como distinguir duas partículas com as mesmas características?
8. Por que não é possível parar o tempo?
9. Como medir o tempo?
10. O que é o tempo? Como podemos defini-lo?
11. Como definir um quadrado?
12. Qual a diferença entre um quadrado e um retângulo?
13. Como medir a velocidade de um objeto?

### *Novas Perguntas:*

---

---

---

---

### Exercícios Investigativos:

- 1) Dê três exemplos de situações do dia-a-dia nas quais objetos se influenciam à distância.
- 2) Anote dentro do círculo a unidade no SI e uma pequena definição da grandeza física correspondente

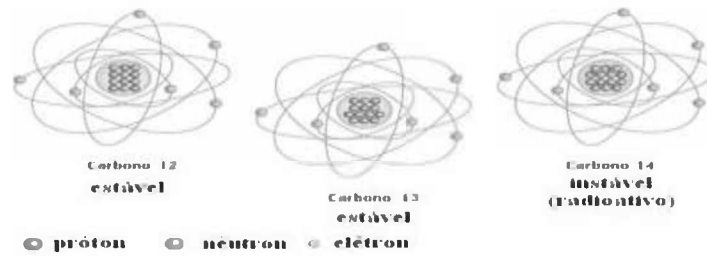
○	Massa:	
○	Spin:	
○	Carga Elétrica:	
○	Temperatura:	
○	Peso:	
○	Comprimento:	
○	Número Atômico:	

- 3) Dois átomos diferentes podem ter a mesma massa? Justifique sua resposta.
- 4) Como saber as características de uma partícula? Justifique sua resposta.
- 5) Após utilizar o simulador de decaimentos beta ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/beta-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay)) responda:
  - a. O núcleo dos átomos é sempre estável?
  - b. O que pode ocorrer se um núcleo está instável?
- 6) Porque a fusão nuclear de átomos mais leves começou a ocorrer nas primeiras estrelas?
- 7) A queima do hidrogênio em uma estrela jovem ocorre por um mecanismo denominado próton-próton (p-p), que está resumido abaixo, sendo que na primeira etapa (a) forma-se um núcleo de deutério.
- 8) Quais foram os primeiros elementos a se formarem no Universo após o *Big Bang*?
- 9) Qual o significado de energia de ligação nuclear?
- 10) Do que depende a estabilidade de um núcleo atômico?

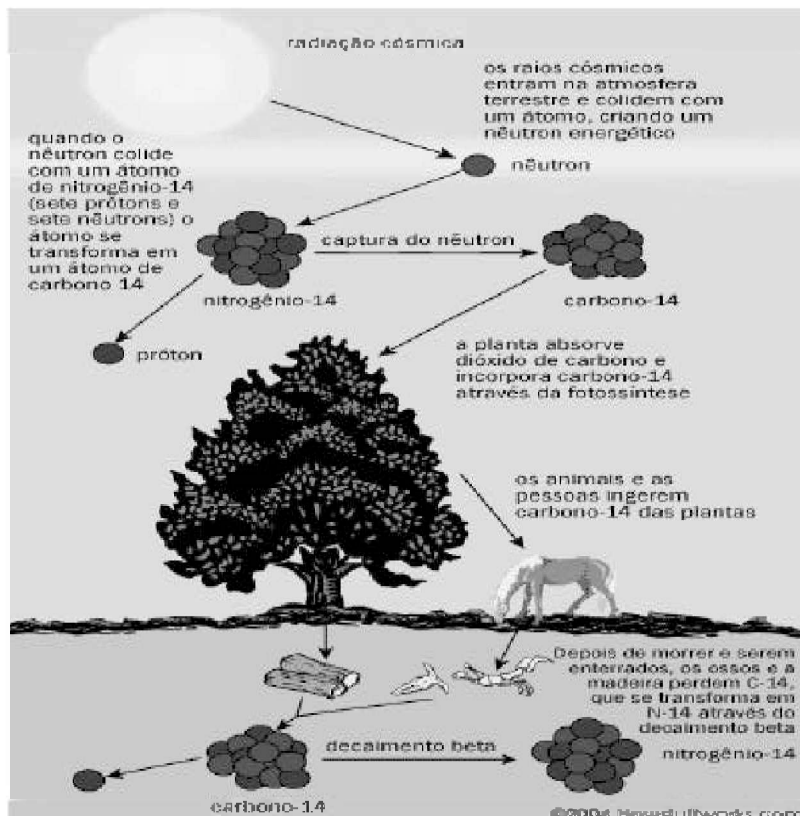
Desafios:

### Desafio 1 – Decaimento Beta ( $\beta$ ) e a Datação Radioativa com Carbono 14

O conhecimento sobre os isótopos dos elementos têm aplicações no cotidiano. Por exemplo, a datação por Carbono 14: esta técnica é a principal ferramenta de datação de episódios ocorridos com materiais orgânicos entre 40 e 50 mil anos. A seguir estão apresentados todos os possíveis isótopos do Carbono:



A idade do material pode ser determinada com base na taxa de decaimento do isótopo radioativo do Carbono. Em um ciclo de incorporação orgânica que dura milhares de anos, o Carbono 14 chega dentro dos organismos, este ciclo está explicado na figura abaixo.



Considerando o  $^{14}\text{C}$   $t_{1/2} = 5.730$  anos. Considerando que um fóssil a ter sua data estimada apresenta atividade de  $^{14}\text{C}$  equivalente a 12,5% da atividade no momento da deposição ( $t=0$ ), há quanto tempo o ser vivo morreu?

### Desafio 4 – Massa dos núcleos

Utilizando a equação de Einstein

$$E = m c^2$$

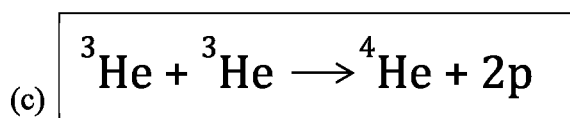
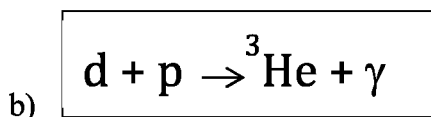
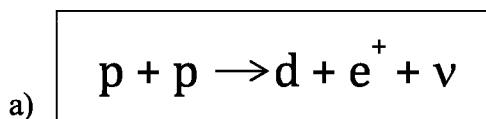
Onde **E** significa a energia de repouso da partícula, **m** a massa da partícula e **c** é a velocidade da luz no vácuo ( $c = 3 \times 10^8$  m/s) calcule a energia de repouso de **1u** e compare com os valores de **u** das partículas que compõe o átomo e preencha a tabela.

<i>Massa</i>				
<i>Partículas</i>	<i>Kg</i>	<i>u</i>	<i>MeV/c<sup>2</sup></i>	<i>Energia</i>
<i>Próton</i>	$1,6726 \times 10^{-27}$	1,007276	938,28	
<i>Nêutron</i>	$1,6750 \times 10^{-27}$	1,008665	939,57	
<i>Elétron</i>	$9,109 \times 10^{-31}$	$5,486 \times 10^{-4}$	0,511	

*Tabela: Massa das partículas que compõem o átomo em várias unidades*

### Desafio 3 – Nucleossíntese

A queima do hidrogênio em uma estrela jovem ocorre por um mecanismo denominado próton-próton (p-p), que está resumido abaixo, sendo que na primeira etapa (a) forma-se um núcleo de deutério.



Porque na etapa (b) há liberação de radiação gama, enquanto que na etapa (c) não há?

### ***Plano de Discussão 3 – Descobertas e visões de Laura***

#### **Dica para o professor durante o debate na seção de leitura reflexiva:**

Procure estimular os alunos com perguntas sobre as propriedades físico-químicas que podem ser usadas para categorizar as coisas materiais, e assim, retome os átomos, por eles conhecidos, e questione se os átomos são um constituinte básico, até chegar no problema da observação das partículas elementares.

#### *Perguntas-chave:*

1. Os átomos são fundamentais?
2. Qual é o fundamento da matéria? De todas “as coisas”?
3. Se existem partículas menores que os átomos, será que existe um limite na busca por partículas fundamentais?
4. Quais são as regras que regem o mundo das partículas?
5. Será que existem famílias de partículas assim como existem famílias de átomos?
6. Como nosso olho vê?
7. Como uma máquina de raio-X funciona?
8. Tudo aquilo que vemos é real? (considerar o viés do observador)
9. Até que ponto influenciamos aquilo que nós observamos?
10. Existem partículas menores que os prótons? E que os elétrons?
11. Quais são as partículas que fazem parte do próton?
12. Quais são as famílias do modelo padrão de partículas?
13. Que propriedades físicas ajudam na categorização dessas famílias de partículas?
14. Quais são as partículas conhecidas como partículas fantasma?
15. Qual força fundamental não permite que o núcleo de um átomo exploda?

#### *Novas Perguntas:*

---

---

---

---

### Exercícios Investigativos:

Referências: [http://dfa.fc.up.pt/departamento/agenda/cern-master-class-2014/MC2014\\_detectores\\_W\\_FCUPorto.pdf](http://dfa.fc.up.pt/departamento/agenda/cern-master-class-2014/MC2014_detectores_W_FCUPorto.pdf)  
<https://recursos.portoeditora.pt/recurso?id=11503077>

- 1) A tabela que se segue indica as intensidades das quatro forças fundamentais da natureza e seus respectivos alcances.

Força fundamental	Intensidade	Alcance / m
Gravitacional	$10^{-43}$	Infinito
Eletromagnética	$10^{-2}$	Infinito
Nuclear Forte	1	$10^{-15}$
Nuclear Fraca	$10^{-5}$	$10^{-17}$

Os valores estão tomando como referência a força nuclear forte.

- Indique a força responsável pela coesão do núcleo dos átomos
- Indique a ordem de grandeza da força nuclear fraca em relação à força gravitacional
- Indique a razão entre a força gravitacional e a força eletromagnética.

Agora responda, por que a força nuclear forte não é considerada no cálculo da interação entre planetas?

- 2) Vimos que detectores de partículas são equipamentos que usam tecnologias para captar e classificar partículas a partir de suas propriedades conhecidas. Em que são baseados os diferentes detectores de partículas?

Tipo de detector de partícula	Tecnologia baseada em
Detector de neutrinos	
Balões científicos	
Colisor de partículas (LHC)	
Telescópios espaciais	
Tubo de raios catódicos	

- 3) (FUVEST 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos. A energia de cada fóton produzido é, em MeV, aproximadamente:

Note e adote:

Relação de Einstein entre energia ( $E$ ) e massa ( $m$ ):  $E = mc^2$

Massa do elétron =  $9 \times 10^{-31}$  kg

Velocidade da luz  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s

1 eV =  $1,6 \times 10^{-19}$  J

1 MeV =  $10^6$  eV

No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,8
- d) 1,6
- e) 3,2

- 4) Qual a constituição quarkônica dos prótons e nêutrons?
- 5) O que é uma partícula elementar?

*Desafios:*

### Desafio 1 - SUDOKU

Referência:

[http://people.physics.tamu.edu/kamon/research/talk/2008/SMP2008/SMP2008\\_DarkParticleHunters\\_SUDOKU.jpg](http://people.physics.tamu.edu/kamon/research/talk/2008/SMP2008/SMP2008_DarkParticleHunters_SUDOKU.jpg)

O Sudoku é um passatempo, pra ser jogado por apenas uma pessoa, que envolve raciocínio e lógica. A ideia do jogo é bem simples: completar todas as 81 células usando números de 1 a 9, sem repetir os números numa mesma linha, coluna ou grade (3x3). Neste Sudoku especial no lugar de números você precisa completar com uma das 9 partículas elementares.

Particle SUDOKU										
Symbol	Particle Name		s		t		$\mu$	b		u
e	electron		d			b		$\mu$		s
$\mu$	muon	$\mu$		b		$\tau$	s	c	e	
$\tau$	tau	d							$\mu$	b
u	up	t			s			d		
d	down		b	$\tau$			d	t		c
s	strange	c				s	$\tau$	u	d	e
c	charm		u	e	d		c		b	t
b	bottom			d		t		s	c	
t	top			d		t		s	c	

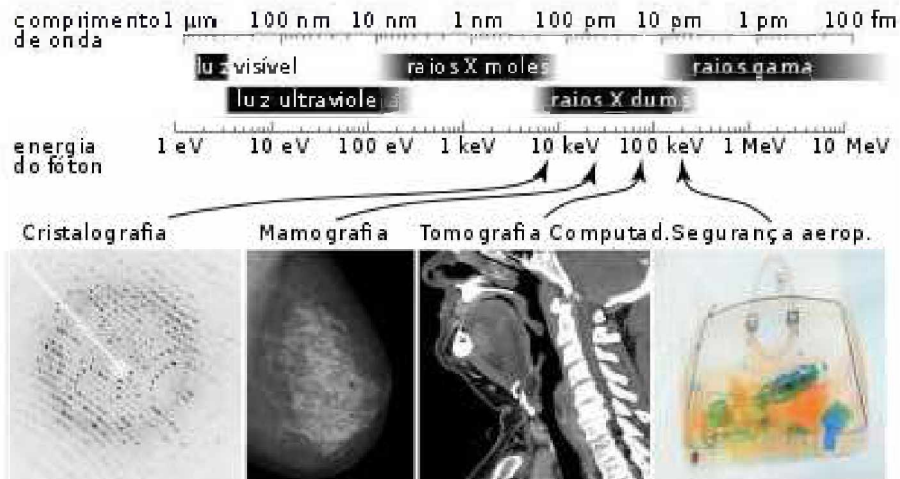


### Completo seu desafio?? Parabéns!!

Agora escolha uma das 9 partículas e responda quem, quando e como esta partícula foi descoberta e principalmente qual foi o tipo de experimento utilizado para realizar esta descoberta. Anote todas as conclusões da sua pesquisa no caderno para levar na próxima aula.

### Desafio 2: Capacidade de penetração das radiações

Referência: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Raios\\_X](https://pt.wikipedia.org/wiki/Raios_X)



Utilizando a imagem acima que mostra as imagens realizadas com a incidência de diferentes radiações, relacione as radiações naturais alfa, beta e gama com suas respectivas características:

1. alfa ( $\alpha$ );
  - Possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano;
2. beta ( $\beta$ );
  - São partículas leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível;
3. gama ( $\gamma$ ).
  - São radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica nem massa;
  - São partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, causam apenas queimaduras leves.

# Atividades Pedagógicas

## Atividades 1 - Mergulhando dentro dos tijolos da natureza

### *Atividade 1 – Mergulhando dentro dos tijolos da natureza*

Atividade adaptada do material de: LOUZADA, Claudia Oliveira

Texto adaptado do site: <https://escolakids.uol.com.br/do-que-sao-feitas-todas-as-coisas.htm>

Autoria: Althoff, Lucas dos Santos

### Contextualização

Você já parou para pensar do que as estrelas, o céu, a grama, as flores, as árvores, os animais e os móveis de sua casa são feitos? Agora, olhe para a sua mão. Do que é feita a sua mão? O que compõe ela e todas as partes do seu corpo? Já parou alguma vez para pensar nisso?

A pergunta “Do que são feitas todas as coisas?” é feita desde os tempos mais primórdios. A ideia mais antiga de que temos notícia para explicar a composição da matéria foi proposta pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito. Eles sugeriram que a matéria seria formada, em seus menores componentes, por pequenos corpos indivisíveis e em movimento dentro de uma região de vazio infinito. Tais partículas foram posteriormente denominadas de átomos (que significa, em grego, não-divisível).

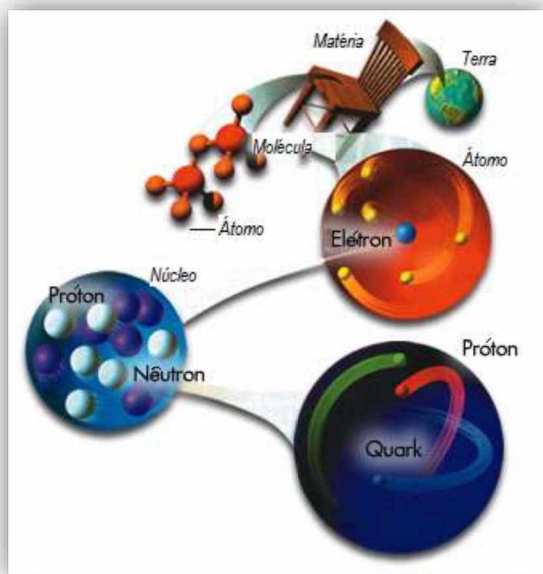
Sendo assim, Leucipo e Demócrito consideravam que apesar da diversidade de materiais na natureza se conseguíssemos dividir alguma coisa até o limite onde fosse impossível dividi-lo outra vez encontraríamos apenas um constituinte fundamental e que as diferentes formas de misturar esse constituinte explicaria a quantidade tão imensa de substâncias encontradas.

### Exemplo

Em primeiro lugar considere que observar o interior de um material é o equivalente a subdividir este material. Imagine que você pegue um tijolo ecológico para analisar em um microscópio para encontrar seu seus “constituintes fundamentais”. Certamente você observará que ele é feito de pedras menores, que podem também ser analisadas e se assim o for, serão observadas estruturas menores e assim por diante até o máximo de poder de aumento do seu microscópio.



### A explicação através de modelos



Hoje sabemos que todas as coisas são feitas de minúsculas partículas chamadas partículas elementares e que elas fazem parte dos átomos. Portanto, antes de compreender as partículas elementares vamos estudar os átomos. Não podemos nos esquecer que **a ciência é uma construção humana** e que os átomos foram considerados por muito tempo como “indivisíveis”.

Retomando a ideia do átomo foi muito tempo depois dos filósofos Leucipo e Demócrito, só em 1808 (aproximadamente 2200 anos após os filósofos), que o cientista John Dalton conseguiu provar por meio de experimentos que todas as coisas são feitas de átomos utilizando um

modelo que explicava bem aquilo que os experimentos da época davam de resultado.

Os cientistas sempre utilizaram imagens ou modelos para interpretar os fenômenos observados na natureza. Deste modo, desde a época de Dalton outros modelos já foram formulados para corresponder a descobertas que não mais poderiam ser explicadas pelo modelo atômico anterior. A explicação científica mais atual para a composição da matéria é denominada de *Modelo Atômico Padrão*.

A figura abaixo dá uma ideia da sequência dos constituintes da matéria até chegar nos seus “constituintes fundamentais”. O tamanho dos átomos é incrivelmente pequeno. Para você ter uma ideia, olhe para um fio de cabelo da sua cabeça. É muito fino, não é mesmo? Mas se colocássemos 1 000 000 de átomos lado a lado, eles não atingiriam a espessura do seu fio de cabelo!

Se fossemos desenhar o átomo em escala e fizéssemos os prótons e nêutrons com um centímetro de diâmetro, então os elétrons e quarks deveriam ter um diâmetro menor do que o de um fio de cabelo e o diâmetro do átomo inteiro deveria ser maior que o comprimento de trinta campos de futebol! 99,999999999999% do volume de um átomo é apenas espaço vazio!

Ao mesmo tempo que um átomo é pequeno ( $10^{-10}$  m), o núcleo é dez mil vezes menor que o átomo ( $10^{-14}$  m) e os prótons e nêutrons são pelo menos dez vezes menores que eles.

Não sabemos exatamente quão menores os quarks e elétrons são. Mas eles são definitivamente menores que  $10^{-18}$  metros, e podem ser literalmente pontos, mas nós não sabemos com certeza, já que continuamos à procurar subdivisões até mesmo dessas partículas.

### Exercício

Com base no texto e na figura acima, podemos afirmar que o átomo é composto por \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. Por sua vez, o núcleo atômico é composto por \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. Por fim, os prótons são formados por \_\_\_\_\_.

Os prótons têm cerca de \_\_\_\_\_ metros, como pode se ver na figura a cima. E os quarks são menores que \_\_\_\_\_ metros. Essa representação é chamada de \_\_\_\_\_ científica.

## Atividade 2 - Fotografando Átomos

### Atividade 2 – Fotografando Átomos

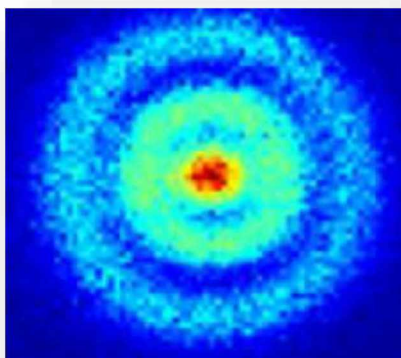
Atividade adaptada do material de: LOUZADA, Claudia Oliveira

Vídeo acessado: “How Small Is An Atom? Spoiler: Very Small” [https://www.youtube.com/watch?v= JNF3\\_30IUE](https://www.youtube.com/watch?v=JNF3_30IUE)

Imagem retirada do artigo: <https://physics.aps.org/featured-article-pdf/10.1103/PhysRevLett.110.213001>

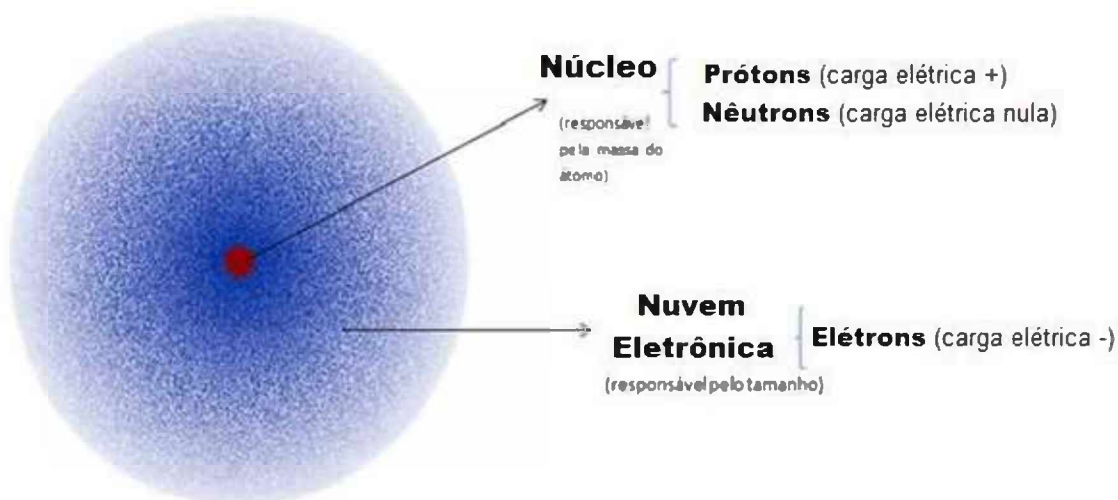
Autoria: Althoff, Lucas dos Santos

### Observação direta de um átomo de Hidrogênio



Na figura acima está a primeira observação direta de um *átomo de hidrogênio*. Nesta “*fotografia*” uma equipe de cientistas usou uma técnica inovadora chamada de *microscopia de fotoionização* que consegue representar a dispersão da nuvem eletrônica que fica em torno do núcleo atômico denso e avermelhado no centro da foto. Para conhecer um pouco melhor o hidrogênio vamos retornar a um modelo simples que mostre seus constituintes e represente sua estrutura interna.

### Representação de um átomo de Hidrogênio



Estudamos na aula anterior que a matéria é constituída por partículas muito pequenas que são denominados átomos, é importante observar que os átomos tem estruturas internas, como sua fotografia deixa muito claro.

Por sua vez, o Hidrogênio é o átomo mais simples por que ele possui apenas 1 próton ( $p^+$ ) em seu núcleo e um elétron ( $e^-$ ) em sua nuvem eletrônica ou eletrosfera. Mas existem muitos outros átomos além do Hidrogênio cada um com suas características próprias.

Apesar das diferenças entre os átomos, qual seria uma definição que mostre suas estruturas e propriedades principais?

*Átomo é um sistema estável e neutro eletricamente, composto por um núcleo muito denso e de carga positiva, contendo prótons ( $p^+$ ) e nêutrons ( $n$ ), e circundado por uma nuvem eletrônica difusa, região aonde se encontra o elétron ( $e^-$ ) de carga elétrica negativa.*

Em primeiro lugar o átomo é estável pois a matéria comum não se extingui, ela pode até sofrer transformações, porém não deixar de existir. O átomo também precisa ser eletricamente neutro pois a soma da carga elétrica do núcleo com a carga elétrica da nuvem eletrônica é igual a zero. Outra característica importante da estrutura atômica é que praticamente toda sua massa se concentra no núcleo uma vez que os prótons e nêutrons são 1836 vezes maior que a do elétron.

### **Modelo atômico moderno: Modelo Padrão**

Os elétrons estão em constante movimento em torno do núcleo; os prótons e os nêutrons vibram dentro do núcleo e os quarks vibram dentro dos prótons e nêutrons. Os físicos desenvolveram uma teoria chamada “**O Modelo Padrão**”, que explica o que é o mundo e o que o mantém unido. É uma teoria simples e compreensível que explica todas as centenas de partículas e interações complexas com apenas **6 quarks**, **6 léptons** (o lépton mais conhecido é o elétron) e partículas transportadoras de força chamadas de **bósons**.

Nesta teoria todas as partículas de matéria que nós conhecemos são compostas de *quarks* e *léptons*, e elas interagem trocando *bósons* (partículas transportadoras de força).

O Modelo Padrão é uma boa teoria. Experimentos têm confirmado suas previsões com uma precisão incrível, e todas as partículas previstas por essa teoria já foram encontradas. Contudo, ele não explica tudo. Por exemplo, a gravidade não está incluída no Modelo Padrão.

### **Exercícios**

- 1) **(Atividade usando o Vídeo)** Após a leitura do texto, veja o vídeo e pause o vídeo no 1:03 feche os olhos e imagine seriamente seu dedinho do tamanho da sala, e em seguida uma célula do tamanho da sala e assim por diante...
- 2) Considerando a fotografia do átomo de hidrogênio bem como o vídeo e o texto, do que são feitos os átomos?

---

---

---

---

3) De acordo com as informações do texto complete a tabela a seguir:

<b>Partículas Atômica</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Massa Relativa (ao do <math>e^-</math>)</b>	<b>Carga Elétrica</b>	<b>Localização</b>

## Atividade 3 – Ideias e modelos sobre os átomos

### *Atividade 3 – Ideias e modelos sobre os átomos*

Atividade adaptada do material de: LOUZADA, Cláudia Oliveira

Texto retirado de: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_da\\_Quimica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_Quimica)

Autoria: Althoff, Lucas dos Santos

Os átomos foram organizados em diversos modelos através da história. Como debatemos na aula passada, a ciência desenvolve teorias e leis a partir de evidências e testes experimentais que fazem parte das pesquisas científicas. Os modelos atômicos não retratam apenas o átomo, mas também, o conhecimento científico de uma época.

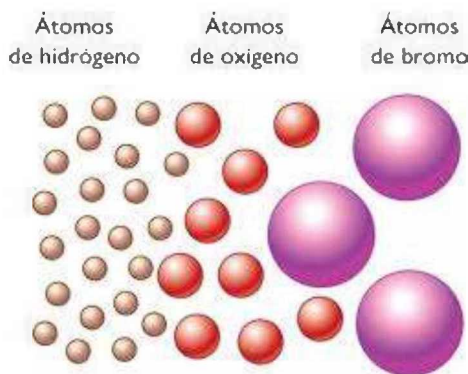
### **Método científico e os Modelos**

Quando uma ideia em forma de hipótese é testada experimentalmente, podem ser formuladas teorias. Em seguida os cientistas elaboram formas simples de apresentar essas teorias, por meio de modelos. Por isto, para qualquer teoria existe um modelo representativo.

### **Modelos atômicos e sua evolução**

Através do avanço tecnológico, a pesquisa sobre os constituintes da matéria e a busca pela resposta da pergunta “do que as coisas são fundamentalmente feitas?” levou a diversos modelos atômicos dentro da área de estudo chamada atomística.

Vimos nas aulas passadas que os átomos possuem estruturas internas, porém isto não esteve sempre tão claro para os cientistas. Vamos estudar os três primeiros modelos atômicos elaborados por cientistas.



### **Modelo de Dalton (Bola de bilhar)**

Referência: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/explicacao-dalton-para-as-leis-ponderais.htm>

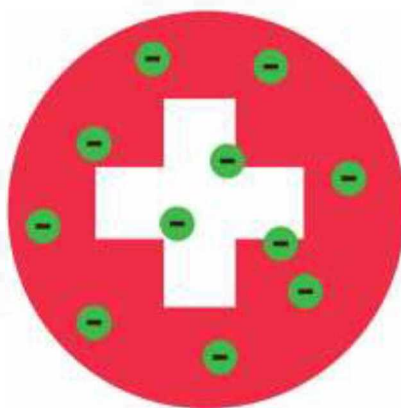
O modelo de John Dalton (1766-1844) concordava com a ideia dos Atomistas gregos antigos que diziam que o átomo era a menor partícula, e portanto, indivisível. Porém ele diferenciava os tipos de átomos de acordo com os vários elementos químicos que já eram conhecidos naquela época. Dalton definiu seu modelo atômico em três postulados:

1. Toda matéria é formada de minúsculas partículas esféricas e maciças denominadas átomos, que não podem ser criados nem destruídos. Cada substância pura é constituída por um único tipo de átomo;
2. Os elementos são formados por átomos iguais, com a mesma massa e tamanho, sendo eles indivisíveis;

3. A combinação de átomos diferentes em uma proporção de números inteiros origina substâncias diferentes.

A diferença de massa e de tamanho dos átomos dos diferentes elementos entrava de acordo com as diferentes Leis ponderais conhecidas na época, que estudavam a proporções das massas das substâncias que passavam por reações químicas. Sendo assim, os átomos de Dalton concordavam com as conclusões observadas experimentalmente por outros cientistas como Antoine Lavoisier com a Lei de Conservação das Massas e a Lei das proporções constantes de Joseph Louis Proust.

O modelo de Dalton costuma relacionar os átomos a bolas de bilhar de tamanhos e massas diferentes.



#### **Modelo de Thomson (Pudim de passas)**

Referência: <http://dr-kimio.blogspot.com/2017/01/quimica-geral-modelo-de-thomson.html>

Com base nos experimentos da *Ampola de Crookes* e de Faraday os primeiros indícios relativos à natureza da eletricidade e à estrutura elétrica dos átomos foram obtidos a partir dos experimentos usando as reações de eletrólise. Seus resultados podem ser resumidos por meio de dois princípios:

1. Uma dada quantidade de eletricidade sempre depositará uma mesma massa de uma dada substância no eletrodo.
2. As massas das várias substâncias depositadas, dissolvidas ou formadas no eletrodo por uma quantidade definida de eletricidade são proporcionais aos pesos equivalentes das mesmas.

Podemos perceber que as leis da eletrólise são análogas às leis que regem as reações químicas, que inicialmente sugeriram a existência dos átomos. Então, se um número definido de átomos se combina com uma quantidade definida de eletricidade, faz bastante sentido supor que a própria eletricidade seja constituída por partículas. As implicações dos resultados experimentais de Faraday foram reconhecidas por G.J.Stoney, em 1874, que sugeriu o nome **elétron** para a partícula fundamental que veio a ser confirmada diretamente por Thomson utilizando a Ampola de Crookes.

A imagem de Thomson para o átomo sugere pitadas de elétrons (partículas com carga negativa) sobre uma região positiva, é comum chamar este modelo de pudim de passas, no qual as passas seriam elétrons e a massa do pudim teria a carga positiva para manter os elétrons grudados.



## Modelo de Rutherford

FONTE: Peduzzi, L.O.Q. Do átomo grego ao átomo de Bohr, Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008

Ao investigarem o espalhamento de partículas alfa por uma folha fina de metal, Marsden e Geiger, constatam que a grande maioria das partículas atravessava a lâmina afastando-se muito pouco de suas trajetórias primitivas. Contudo, algumas delas apresentavam grandes e inesperados desvios, e umas poucas voltavam para trás.

A surpresa de Rutherford com o relato do experimento pode ser bem avaliada quando, alguns anos depois, ao se reportar a este resultado, ele diz que foi como se lhe tivessem dito que “ao atirar em uma folha de papel a bala tivesse ricocheteadado”.

O modelo de Thomson não podia explicar os grandes desvios, pois não há concentrações localizadas nem de massa e nem de carga positiva em seu átomo. Assim, o que estaria produzindo esses desvios?

Detendo-se sobre esse problema, Rutherford conclui que há um diminuto mas intenso centro de espalhamento nos átomos do metal, que concentra quase toda a sua massa e, também, um grande volume com uma reduzida densidade de partículas, que é onde se localizam os elétrons que giram em torno do núcleo.

Para Rutherford, a atração eletrostática entre o núcleo positivo e os elétrons negativos conferia ao sistema a força centrípeta necessária à sua estabilidade mecânica. Mas, e quanto à emissão de radiação pelos elétrons acelerados? Rutherford é apenas mais um entre aqueles que não possuem resposta a essa questão. Ela demanda uma ampla revisão de conceitos da física clássica.

## Dinâmica com Diagrama V Construindo e desconstruindo ideias do átomo

Para entender melhor como são formadas as teorias e leis na ciência, e principalmente, a importância dos modelos, podemos estudar um diagrama que mostra os dois lados de uma investigação científica: o Pensar e o Fazer que interagem até formar conclusões, através de perguntas-chaves que relacionam os resultados experimentais com os conceitos já formados.

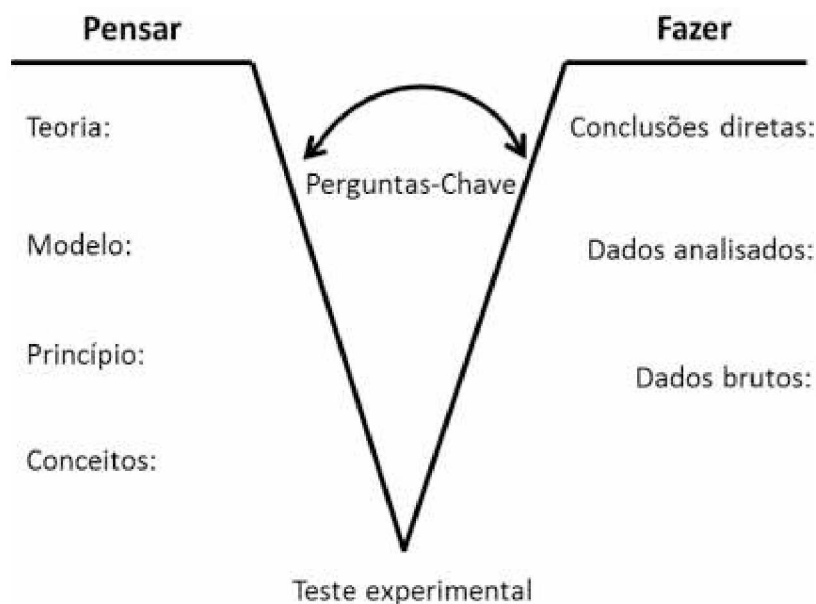


Figura 34: Diagrama V simplificado.

## Experimentos, Falhas e Evolução dos Modelos atômicos

Referência para os textos:

<http://184.182.233.150/rid=1MHYW55M2-SGKSGN-22NQ/EstruturaAtomicaFCR.cmap>

Toda evidência científica é extraída diretamente da natureza ou por meio de experiências controladas em laboratórios, porém para ser considerada científica é preciso que o método utilizado para gerar informações e evidências seja reproduzível.




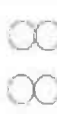


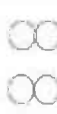

Apesar de muitas descobertas serem lembradas por serem de uma pessoa em especial a ciência é produzida em grupo, é importante lembrar que quando uma teoria é desenvolvida e publicada toda a comunidade científica formada por especialistas passa a testar aquelas ideias, por isso a ciência não é feita de verdades puras e estáticas. Os modelos, teoremas e teorias são continuamente reformulados para que sua validade acompanhe as observações científicas. Ao longo da construção da melhor teoria possível a comunidade segue procurando as falhas nos modelos e teorias que podem significar o próximo grande avanço da ciência.

Na formação de novas teorias científicas é preciso levar em consideração as evidências e conclusões realizadas anteriormente por outros cientistas, por conta disso é comum encontrar casos na história da ciência em que uma nova teoria ou modelo é criada(do) para explicar ao mesmo tempo e de forma elegante duas teorias (ou leis) já conhecidas e confirmadas experimentalmente.

### Átomo de Dalton (1803)

O modelo atômico de Dalton usa como base a lei de Lavoisier e de Proust que levaram Dalton a propor que os átomos eram esferas maciças com diferentes tamanhos e massa, além disso, ele também concluiu que o número de átomos se conservava após qualquer reação química.

#### Teoria de Dalton justificando a lei da conservação das massas (Lavoisier) e das proporções definidas (Proust)

Hidrogênio 	+ Oxigênio 	→ Produzindo →	Água 	<b>Teoria de Dalton</b> A massa total se conserva devido a uma conservação do número total de átomos
4g	+ 32g	→ Produzindo →	36g	<b>Lei de Lavoisier</b> 4g + 32g = 36g (massa constante)
x2 ↓	x2 ↓		x2 ↓	
8g	+ 64g	→ Produzindo →	72g	
$\frac{4g}{8g}$	=	$\frac{32g}{64g}$	=	$\frac{36g}{72g}$
	+ 	→ Produzindo →		<b>Lei de Proust</b> Mesma proporção em massa.
	+ 	→ Produzindo →		<b>Lei de Dalton</b> Como as quantidades de átomos são proporcionais, as massas também são proporcionais

### Falhas no Modelo de Dalton:

As falhas do modelo atômico de Dalton foram:

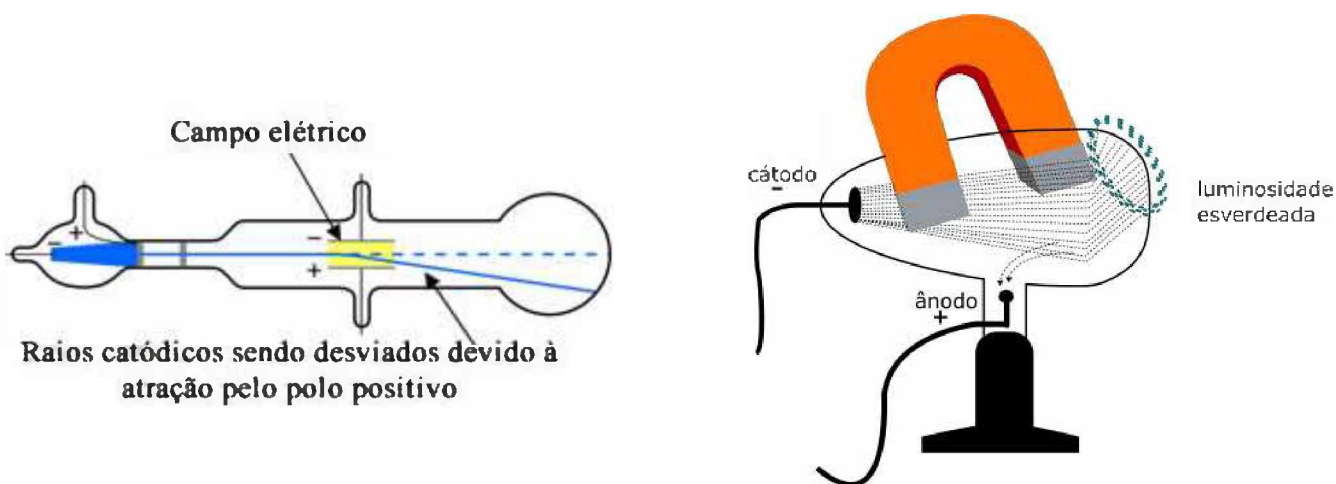
- Desconsiderar estruturas internas do átomo e os comportamentos elétricos de algumas substâncias;
- Não explicava a existência dos isótopos;
- Deixou de levar em considerações as reações químicas nas quais os átomos são alterados.

É importante lembrar na época de Dalton, ainda não era senso comum que as propriedades elétricas das substâncias eram relacionadas diretamente com os átomos.

Além disso, a ideia original de indivisibilidade do átomo de Demócrito era um argumento muito forte na tradição científica e era preciso uma experiência que apresentasse os componentes do átomo de uma forma direta para que os cientistas pudessem concordar com outras ideias de partículas menores que os átomos, que na época de Dalton já existiam, porém, sem muito crédito.

### Átomo de J. J. Thomson (1898)

Referência: Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Burdge, J.R., Química, a ciência central, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.



Os cientistas começaram a estudar a descarga elétrica através de tubos parcialmente evacuados e observaram que uma alta voltagem produzia radiação dentro do tubo.

Essa radiação tornou-se conhecida como raios catódicos porque originava-se no eletrodo negativo, chamado de cátodo. Experimentos mostraram que esses raios eram desviados por campos elétricos e magnéticos, sugerindo que continham certa carga elétrica.

O cientista britânico J.J. Thomson observou também que a natureza dos raios catódicos não dependia do material do cátodo, e que uma lâmina metálica exposta a raios catódicos adquire carga negativa. Ele, então concluiu que os raios catódicos são jatos de partículas com massa, carregadas negativamente. O nome dado para essas unidades de matéria carregadas negativamente foi **Elétron**. Os experimentos de Thomson permitiram calcular a relação carga/massa para o elétron =  $1,76 \times 10^8$  C/g.

### Falhas no Modelo de Thomson:

- Não havia descontinuidade da matéria no seu átomo;

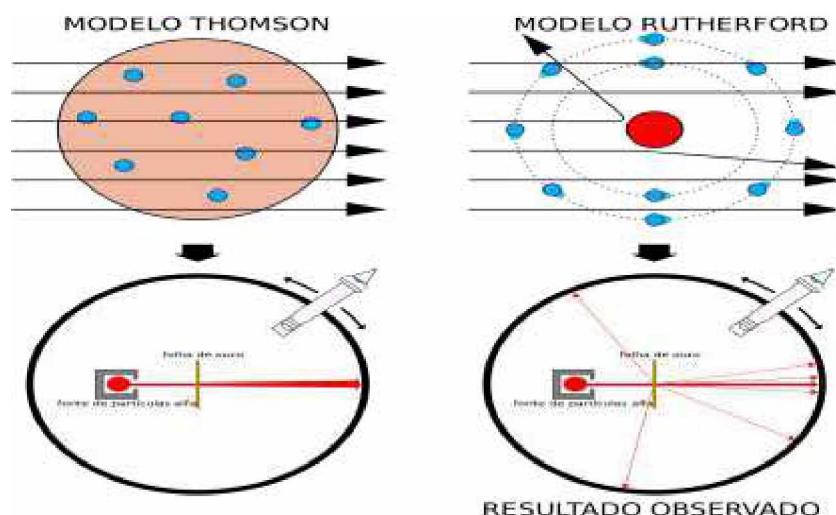
- Apesar de sua descoberta do elétron não fornecer considerações sobre a estrutura interna do átomo, ele se pautou em evidências erradas formuladas por Dalton, seu professor, na época. Já haviam teorias que consideravam a possibilidade do átomo planetário.

## Átomo de Rutherford (1911)

O átomo é extremamente vazio, com um núcleo carregado positivamente, pequeno e denso em comparação ao elétron, com elétrons girando ao redor do núcleo positivo devido à força elétrica.

Rutherford chegou a esta incrível conclusão após realizar um experimento, considerado hoje um dos mais criativos de todos os tempos, que utilizava uma fonte radioativa de polônio (Pb) que bombardeava uma fina lâmina de ouro (Ag) envolta por uma placa fotográfica sensível há átomos de ouro. O resultado observado foi surpreendente há época, por que ia contra as regras mais confiáveis até então.

Para explicar os resultados, Rutherford supôs o átomo constituído por um núcleo positivo extremamente pequeno (com raio da ordem de  $10^{-14}$  m) localizado no centro de uma esfera muito maior (com raio da ordem de  $10^{-10}$  m), na qual a carga negativa dos elétrons se acha mais ou menos uniformemente distribuída. Veja o resultado na figura abaixo:

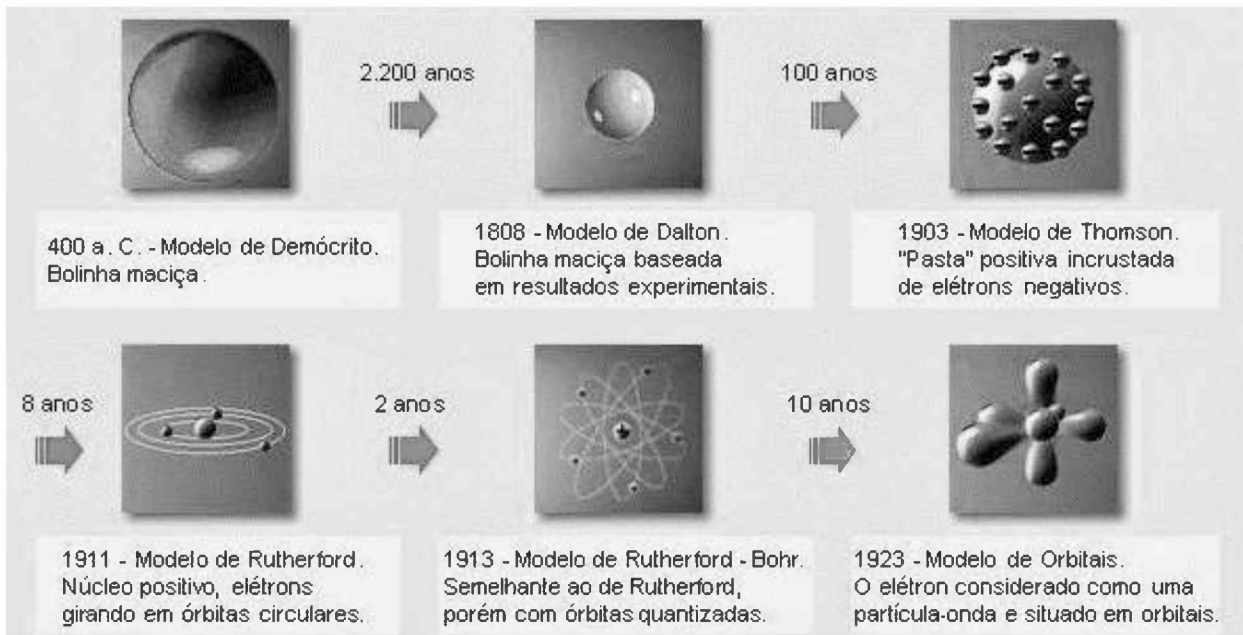


### Falhas no Modelo de Rutherford:

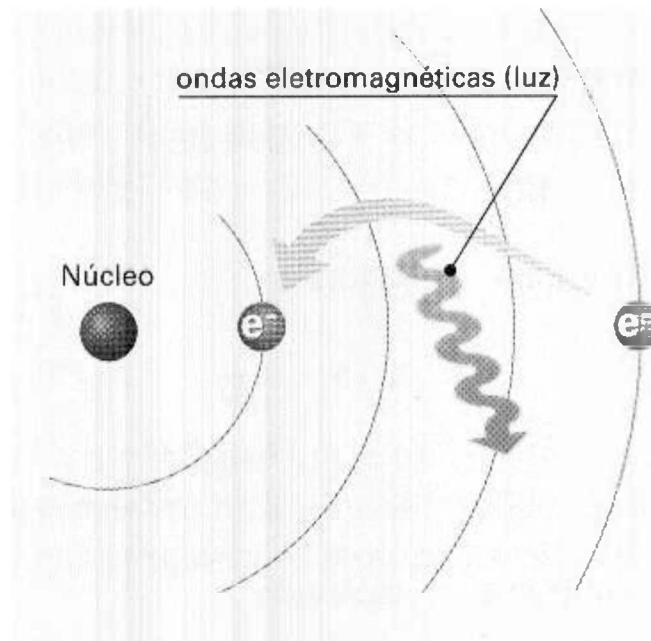
- Rutherford não conseguiu justificar a estabilidade do elétron fora do núcleo, pois o elétron deveria perder energia até cair no núcleo;
- Órbitas contínuas para os elétrons;
- Não identificou a estrutura do núcleo;

**Conclusão da aula:** A investigação sobre o átomo levou o ser humano a desvendar a natureza em uma busca contínua, através das respostas realizadas no passado e principalmente na formulação das perguntas adequadas que levou pessoas comuns e muito atentas a perceber o que faltava no infinito quebra cabeças das partículas.

## Figura sobre Evolução dos Modelos Atômicos



## Figura sobre Radiação e Espectro EM em um átomo com órbitas quantizadas



## Atividade 4 – Dinâmica de revisão: Enforcando a revisão

### *Atividade 4 – Dinâmica de revisão: enforcando a revisão*

Referências: In Aristotelis categorias commentarium (org. Carolus kalbfleisch), p.357

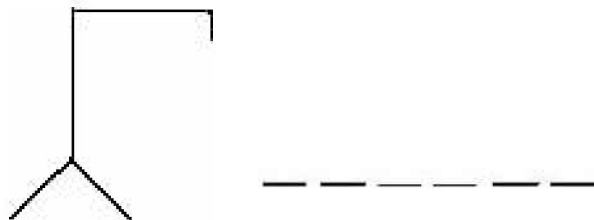
#### Objetivo da dinâmica:

- Consolidar os conceitos estudados nas aulas anteriores;
- Confirmar as informações e definições ainda duvidosas;
- Estimular a investigação através de desafios;

#### Procedimento:

- Dependendo da quantidade de alunos na turma o professor poderá dividir a turma em grupos de até 10 alunos;
- A cada rodada o professor seleciona 3 alunos para indicar uma letra da força;
- Para cada conceito da força existe uma dica que ajudará os alunos a encontrar a resposta;
- A cada rodada apenas 3 alunos podem chutar uma palavra;
- Quem acertar terá seu nome escrito no quadro e receberá uma premiação;
- Após cada acerto é importante debater o conceito e reforça-lo com os colegas.

1)



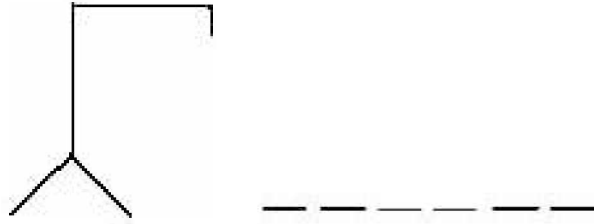
**“Como tudo o que se move é movido de um certo lugar e como o agir e o sofrer são movimentos, está claro que o lugar, no qual existe o que é feito e sofrido, é a primeira das coisas.” (Árquitas de Tarento)**

2)



**“Região do átomo responsável pela carga elétrica negativa.”**

3)



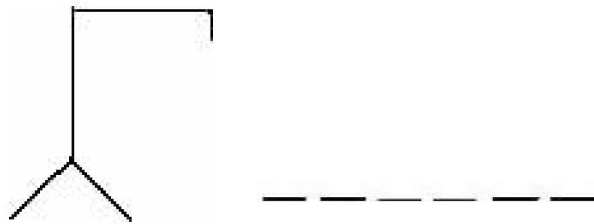
**“Partícula atômica responsável pela carga positiva do átomo e importante para organizar a tabela periódica.”**

4)



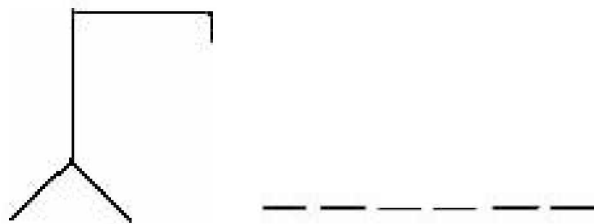
**“Teoria atual que organiza todas as partículas elementares que compõem a matéria.”**

5)



**“Partícula atômica responsável pela carga positiva do átomo e importante para organizar a tabela periódica.”**

6)



**“Região que concentra a maior parte da massa do átomo.”**

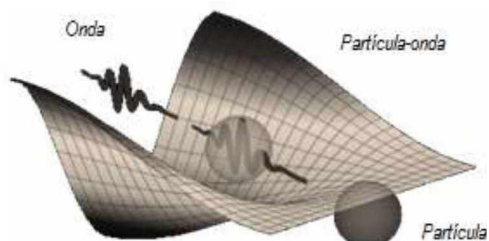
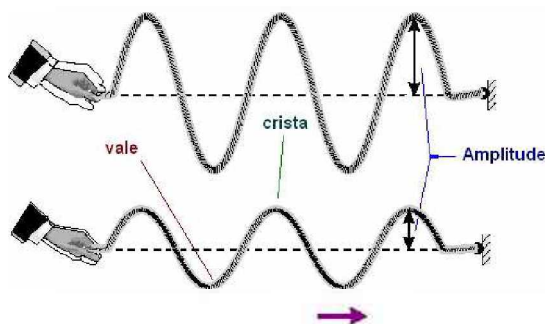
## Atividade 5 – Ondas e matéria

### Atividade 5 – Ondas e matéria

Texto adaptado do site: [http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda\\_mais/jurema/ficha\\_dualidadeonda.htm](http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda_mais/jurema/ficha_dualidadeonda.htm)

Cruzadinha gerada pela ferramenta: <http://puzzlemaker.discoverveducation.com>

Autoria: Althoff, Lucas dos Santos



#### Características de uma Onda

- Contínua
- Dispersa numa região do espaço
- Energia
- Velocidade
- Comprimento de onda
- Frequência
- Difração
- Refração

#### Características de uma Partícula

- Discreta
- Localizada em uma posição
- Energia
- Velocidade
- Momento
- Colisão elástica

### O elétron como onda

Ao buscar compreender uma partícula, são realizados diferentes experimentos para analisar suas propriedades. Por exemplo, o cientista J.J. Thomson descobriu que o elétron era uma partícula que tinha uma propriedade elétrica por que sua trajetória inclinava quando passava por uma região do espaço com algum campo elétrico.





Isto indicava que o elétron possuía carga elétrica. Futuramente outras características do elétron como sua massa e giro também foram estudadas para definir esta partícula.

Existe um experimento chamado “fenda dupla” que demonstrou que o elétron além de ter propriedades de partículas também podia sofrer difração como ocorre com as ondas assim como as ondas. Os resultados desse experimento foram recebidos com muita cautela pela comunidade científica por que isto alterava a categoria do elétron, agora podíamos considera-lo também como uma partícula.

### A radiação eletromagnética como partícula

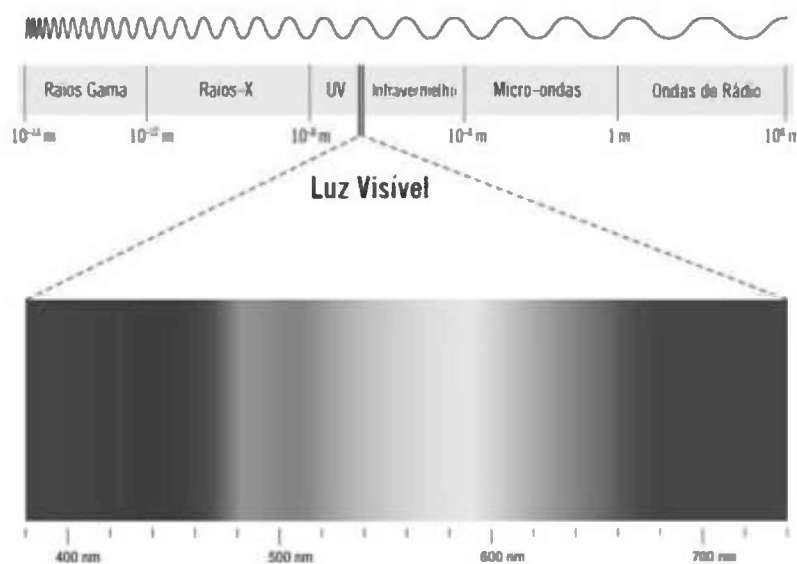
Da mesma forma, também foi demonstrado experimentalmente por H.R. Hertz que a luz era uma onda especial chamada radiação eletromagnética ou onda eletromagnética.

**Radiação:** *é definida como a propagação de energia de um ponto a outro do espaço*

Até então apenas eram reconhecidas como radiação apenas as *ondas mecânicas*, ou seja, perturbações que ocorriam em algum meio material como a superfície da água de um lago. Porém as radiações eletromagnéticas também são ondas que podem se

propagar no vácuo, ou seja, sem meio material algum.

Durante muito tempo, a luz era a única parte conhecida do espectro eletromagnético. Os gregos antigos tinham a noção de que a luz viajava a forma de linhas retas, chegando



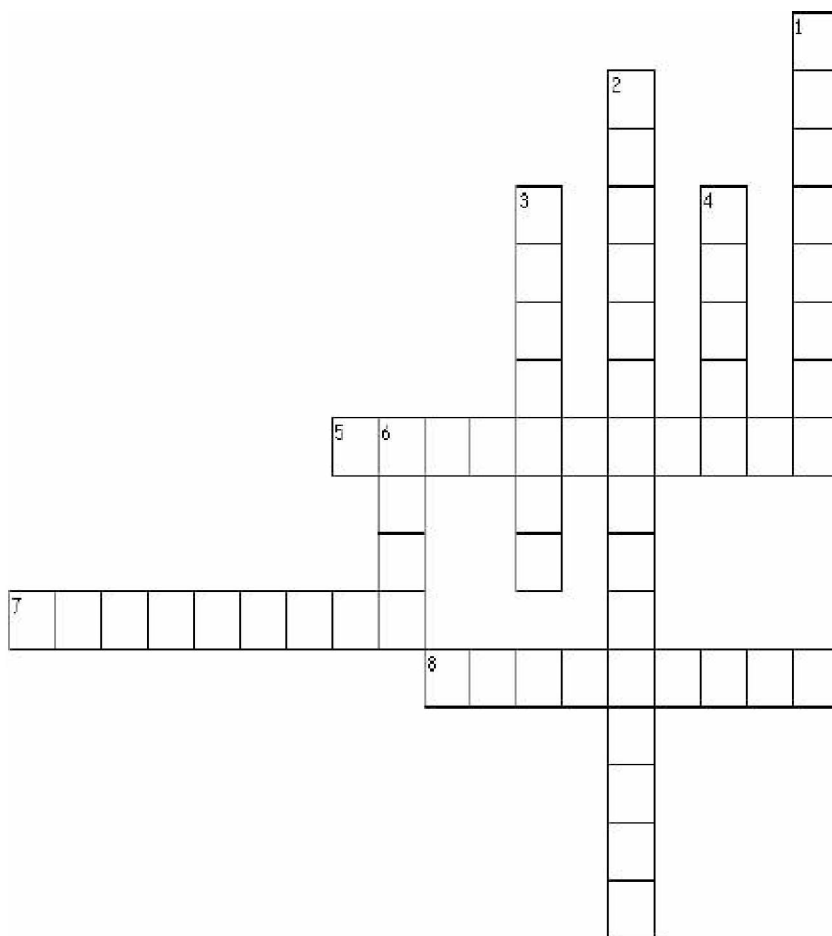
a estudar algumas de suas propriedades, que fazem parte do que atualmente denominamos óptica geométrica. Foi somente nos séculos XVI e XVII que o estudo da luz passou a gerar teorias conflitantes quanto a sua natureza. Albert Einstein descobriu que a luz também tinha as mesmas propriedades de partículas chamou essas partículas de Fótons.

### Espectro eletromagnético

Quando colocamos lado a lado todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética formamos uma escala que é denominada de espectro eletromagnético. A luz visível é apenas uma região deste espectro e as ondas da rádio geradas pelo seu celular, por exemplo, estão em outra região do mesmo espectro.

### Cruzadinha de conceitos

Considerando o texto, a imagem e o debate em sala de aula responda a cruzadinha a seguir com os conceitos trabalhados em sala:



- 1) Intervalo completo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética;
- 2) Possui efeito de irradiar num meio material ou no vácuo;
- 3) Partícula subatômica com carga elétrica negativa;
- 4) Partícula de luz;
- 5) A distância entre dois vales ou duas cristas de uma onda é chamado \_\_\_\_\_ de onda;
- 6) Propaga-se em pulsos periódicos;
- 7) Uma porção de matéria de dimensões muito reduzidas;
- 8) Uma onda eletromagnética é formada por uma onda elétrica e uma onda \_\_\_\_\_.

## Atividade 6 – Classificando os átomos

### *Atividade 6 – Classificando os átomos*

Atividade adaptada do material de: LOUZADA, Cláudia Oliveira

Texto retirado de: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_da\\_tabela\\_peri%C3%B3dica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_tabela_peri%C3%B3dica)

Autoria: Althoff, Lucas dos Santos

Vimos na palestra que a natureza possui uma quantidade imensa de átomos estáveis e que a história da sua formação se confunde com a história do Universo em fenômenos muito intensos como a fusão nuclear ou a explosão de uma estrela. Mas já que existem tantos átomos na natureza, como criar uma boa classificação para os átomos?

Uma primeira tentativa seria dar nome aos átomos conhecidos e a partir de suas características e propriedades observadas buscar algum padrão que ajude a agrupá-los. Foi pensando assim que em 1817, *Döbereiner* observou que muitos elementos podiam ser agrupados em tríades (grupos de três). 49 anos depois *John Newlands* notou que quando os átomos eram agrupados por ordem de massa atômica, as propriedades físicas e químicas das substâncias formadas pelos átomos se repetiam periodicamente em um intervalo de 8 elementos.

Dois anos depois *Mendeleev e Meyer* agruparam os átomos pela sua massa atômica e suas propriedades químicas. Essa organização ficou conhecida como **tabela periódica padrão**. Com essa tabela, Mendeleev conseguiu prever muitos átomos que estavam faltando serem descobertos.

### **Números para classificar Átomos**

Para identificar um elemento químico, costuma-se colocar o símbolo do elemento no centro, o número de massa (*A*) na parte superior e o número atômico (*Z*) na parte inferior.



O número de massa é representado pela letra *A* e é a soma das partículas que estão no núcleo, ou seja os prótons mais nêutrons.

$$A = P + N$$

O número atômico (*Z*) é o número de prótons que existem no núcleo de um átomo qualquer. Esse número será igual ao de elétrons se o átomo for eletricamente neutro.

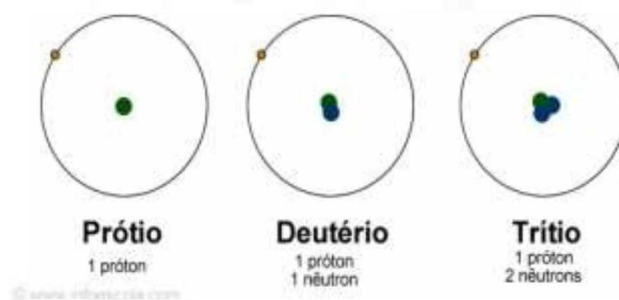
$$Z = P = e$$

### **Isótopos de um elemento**

E o que ocorre se o mesmo elemento químico tivesse uma massa atômica diferente? Essa condição é denominada como isótopos.

Recordando, os isótopos são átomos instáveis que possuem o mesmo número de prótons (número atômico *Z*), mas diferenciam no número de nêutrons. Por conta da descoberta deste tipo de efeito, a tabela periódica de Mendeleev foi atualizada para uma sequência de elementos a partir dos seus números atômicos e não mais de sua massa atômica chegando à tabela periódica popular, mostrada abaixo.

## Isótopos do Hidrogênio



O isótopo de um elemento químico possui o mesmo número atômico (igual número de prótons). No entanto, possui massas atômicas (soma da quantidade de prótons e nêutrons existentes no núcleo atômico) diferentes. Na tabela periódica só estão representados os isótopos mais comuns de cada um dos elementos químicos.

### Curiosidade Histórica

Com as primeiras observações das emissões de Raios-X, em 1896, e do fenômeno da radioatividade os cientistas perceberam que a mudança de elementos químicos poderia ocorrer sem que houvesse uma reação química. Eles haviam descoberto no mesmo ano três tipos de radiações que resultavam de decaimentos nucleares. Eram as radiações alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gamma ( $\gamma$ ).

Estes fatos levaram à conclusão de que a massa atômica não era uma propriedade do átomo adequada para indicar a periodicidade dos elementos químicos. Também foram essas informações que levaram à descoberta do nêutron em 1932 por James Chadwick.



**Figura 35:** Imagem de raio-X tirada por Wilhelm Röntgen em uma aula pública em 23 de janeiro de 1896

## Exemplo

$^1\text{H}_1$  (hidrogênio – isótopo mais comum e estável),  $^2\text{H}_1$  (deutério ou hidrogênio pesado),

$^3\text{H}_1$  (trítio ou hidrogênio superpesado)

$^1\text{H}_1$  significa, que o átomo possui 1 próton e número de massa igual a 1.

$^2\text{H}_1$  significa, que o átomo possui 1 próton e 1 nêutron, logo, número de massa igual a 2.

$^3\text{H}_1$  significa, que o átomo possui 1 próton e 2 nêutrons, logo, número de massa igual a 3.

Olha aí abaixo, a representação do Deutério:

$^2\text{H}_1$  Deutério (1 próton e 1 nêutron)

# TABELA PERIÓDICA PADRÃO DOS ELEMENTOS

1 H 1,01																	18 He 4,00
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2
11 Na 23,0	12 Mg 24,3											13 Al 27,0	14 Si 28,1	15 P 31,0	16 S 32,1	17 Cl 35,5	18 Ar 39,9
19 K 39,1	20 Ca 40,1	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 78,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 95,9	43 Tc (98)	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57-71 série dos Lantanídeos	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 série dos Actínídeos	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)							

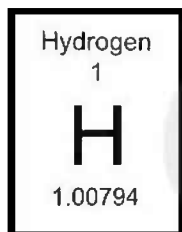
  

Número Atômico <b>Símbolo</b> Massa Atômica  (   = n, de massa do isótopo mais estável)	Série dos Lantanídeos														
	57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm (145)	62 Sm 160	63 Eu 162	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
	Série dos Actínídeos														
	89 Ac (227)	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (262)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

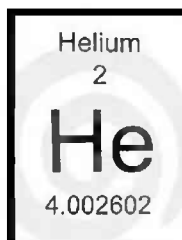
(IUPAC, 01.06.2006)

## Exercícios

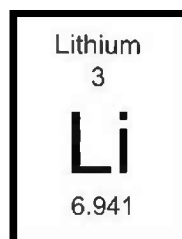
1) Considere os elementos abaixo e preencha as suas informações básicas



Nome:  
Símbolo: H  
Massa:  
Nº Atômico:  
Nº de elétrons:  
Nº de Prótons:  
Nº de Nêutrons:



Nome:  
Símbolo:  
Massa:  
Nº Atômico:  
Nº de elétrons:  
Nº de Prótons:  
Nº de Nêutrons:



Nome:  
Símbolo:  
Massa:  
Nº Atômico:  
Nº de elétrons:  
Nº de Prótons:  
Nº de Nêutrons:

2) Indique a alternativa que completa corretamente as lacunas do seguinte período:  
“Um elemento químico é representado pelo seu \_\_\_\_\_, é identificado pelo número de \_\_\_\_\_ e pode apresentar diferente número de \_\_\_\_\_.”

- a) nome – prótons – nêutrons.
- b) nome – elétrons – nêutrons.
- c) símbolo – elétrons – nêutrons.
- d) símbolo – prótons – nêutrons.
- e) símbolo – elétrons – nêutrons.

3) As propriedades dos elementos são função periódica de sua (seu) \_\_\_\_\_

- a) massa atômica
- b) número atômico
- c) diâmetro atômico
- d) número de elétrons

4) (UFAC) Os organismos vivos são constituídos de compostos de carbono. Isto acontece devido às propriedades deste elemento. Assim, um escritor de ficção científica pediu auxílio a um estudante do ensino médio para a escolha de um elemento químico capaz de substituir o carbono na formação de compostos. O estudante escolheu, com base em seus conhecimentos de tabela periódica, um elemento que tem quase o mesmo tamanho do carbono. O elemento escolhido, número atômico igual a 14, foi:

- a) nitrogênio
- b) boro
- c) alumínio
- d) silício
- e) fósforo

## Atividade 7 – Mergulhando nas partículas subatômicas

### Atividade 7 – Mergulhando nas partículas subatômicas

# MODELO PADRÃO DE PARTÍCULAS

massa →	≈ 2.3 MeV/c <sup>2</sup>	≈ 1.275 GeV/c <sup>2</sup>	≈ 173.07 GeV/c <sup>2</sup>	0	≈ 126 GeV/c <sup>2</sup>
carga →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> glúon	<b>H</b> bóson de Higgs
<b>QUARKS</b>					
	≈ 4.8 MeV/c <sup>2</sup>	≈ 95 MeV/c <sup>2</sup>	≈ 4.18 GeV/c <sup>2</sup>	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>γ</b> fóton	
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	91.2 GeV/c <sup>2</sup>	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>e</b> elétron	<b>μ</b> múon	<b>τ</b> tau	<b>Z</b> bóson Z	
<b>LÉPTONS</b>					<b>BÓSONS DE CALIBRE</b>
	< 2.2 eV/c <sup>2</sup>	< 0.17 MeV/c <sup>2</sup>	< 15.5 MeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>ν<sub>e</sub></b> neutrino do elétron	<b>ν<sub>μ</sub></b> neutrino do múon	<b>ν<sub>τ</sub></b> neutrino do tau	<b>W</b> bóson W	

### Antes de iniciar o JOGO “Qual é tua partícula?”

- O grupo deve escolher três cores diferentes para colorir a Quadro acima, respeitando cada família de partículas elementares, ou seja, cada família vai ter uma cor.
- O grupo também deverá preencher uma tabela de partículas e suas propriedades usando o seguinte modelo:

Partícula	Família	Energia (massa de repouso)	Carga elétrica	Spin
Neutrino do múon	Léptons	< 0,17 MeV/C <sup>2</sup>	0	1/2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

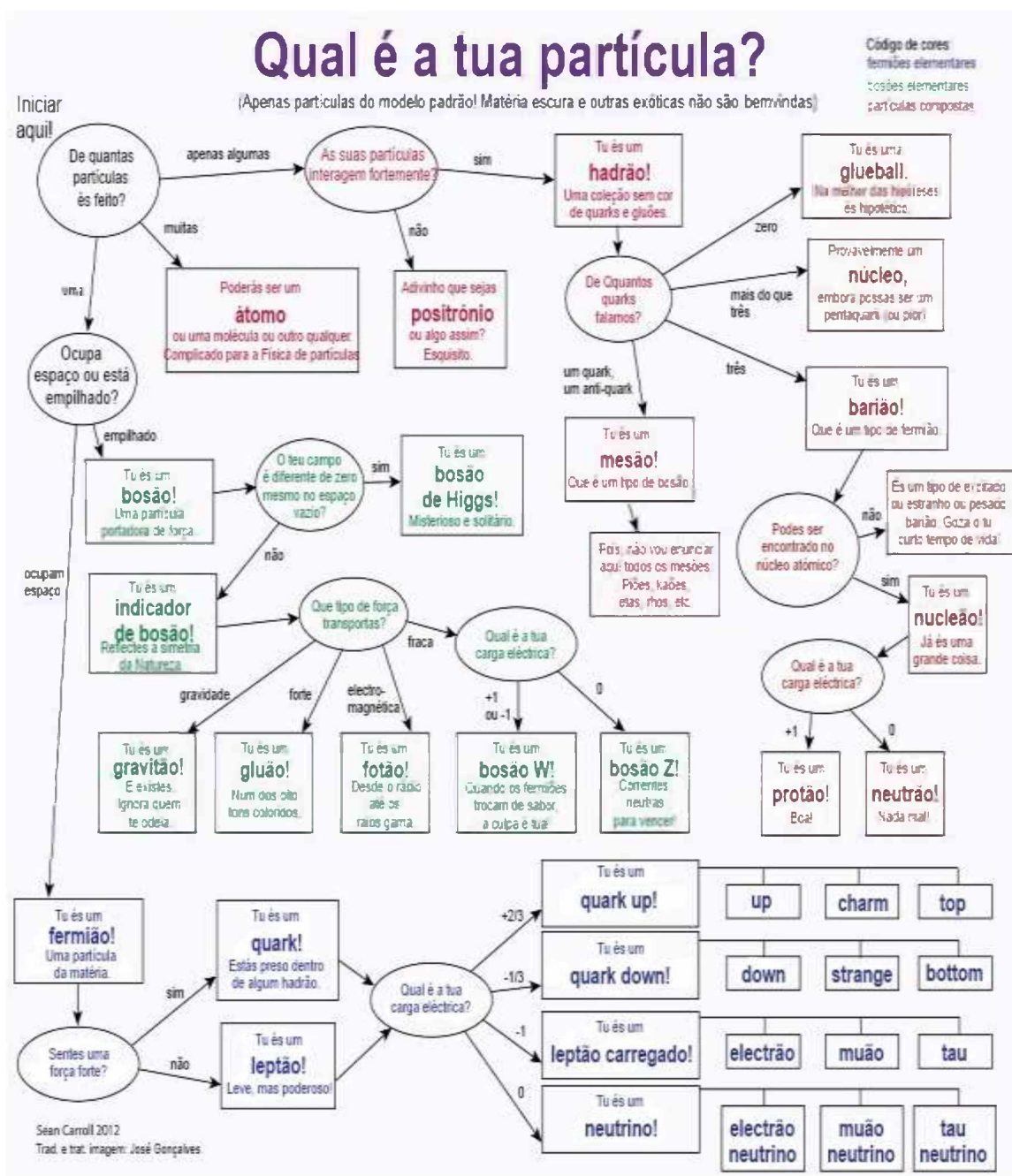
# JOGO

Sente-se em grupos de três alunos e descubram quais as partículas de cada um e anotem abaixo o que gostaria de saber melhor sobre a sua partícula:

Aluno 1:

Aluno 2:

Aluno 3:



Sean Carroll 2012  
Trad. e trat. imagem: José Gonçalves.



## Atividade 8 – Partículas elementares: Aonde estão os Quarks?

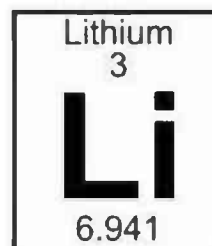
### Atividade 8 – Partículas elementares: Aonde estão os Quarks?

Atividade adaptada do material de: LOUZADA, Claudia Oliveira  
Autoria: Althoff, Lucas dos Santos

## Quarks dentro de um átomo de Lítio

### Núcleo Atômico

Relembrando, o núcleo é constituído de cargas positivas chamadas de prótons e de cargas neutras (nenhuma carga) chamadas de nêutrons. Prótons e nêutrons são coletivamente conhecidos por nucleons eles fazem parte da família chamada Hádrons. Os nucleons são formados por quarks, e possuem um raio de cerca de 0.8 fm (1 fm =  $10^{-15}$  metros)

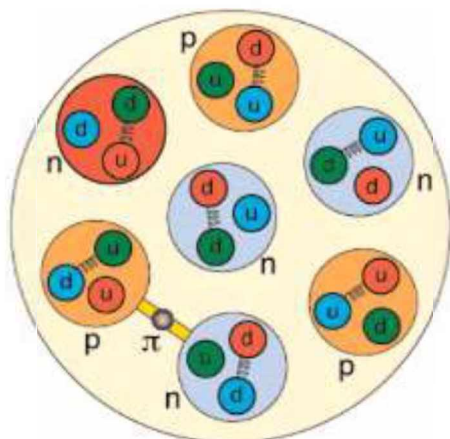
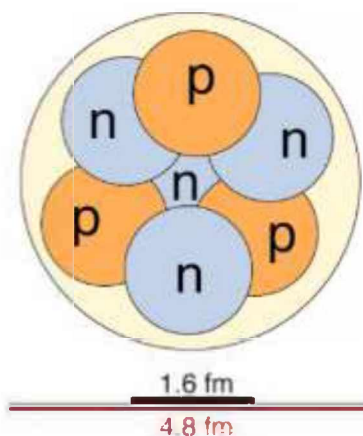


Existe uma força muito forte e de alcance muito curto que puxa os nucleons para perto dos outros, e uma força repulsiva ainda maior que impede com que eles se interpenetrem. O resultado é que um núcleo se parece com um pacote de esferas que estão praticamente se tocando umas com as outras.

### Núcleo de Lítio-7 (cujo símbolo é ${}^7\text{Li}$ )

Como um exemplo, mostramos uma figura esquemática do núcleo de Lítio-7. Este núcleo possui 3 prótons ( $Z=3$ , o que dá uma carga +3, identificando ele como o elemento Lítio) e 4 nêutrons ( $N=4$ , dando um número de massa total 7:  $A=7$ ).

O núcleo não possui uma superfície totalmente bem definida como a figura ao lado sugere. Os prótons e os nêutrons movem-se dentro do núcleo, e existe uma probabilidade na teoria quântica de encontrá-los fora da região definida acima: a superfície de um núcleo é difusa. A figura ao lado mostra a região onde os nucleons ficam a maior parte (90%) do tempo.



### A composição de quarks do Lítio-7

Se olharmos com mais detalhe, notaremos que os prótons e os nêutrons (nucleons) são feitos de quarks interagindo via a troca de glúons. Isto é mostrado na figura ao lado.

Os físicos nucleares podem fazer experiências para olhar no interior do núcleo a fim de medirem os prótons e os nêutrons. Eles também podem fazer experiências que permitem medir o papel dos quarks em um núcleo.

## Exercícios

1. Agora que você já aprendeu que os quarks ficam confinados em hádrons, ou seja, em prótons ou nêutrons, e que estes compõem o núcleo do átomo, com base no elemento químico abaixo, elabore o núcleo atômico e pinte-o de acordo com as cores sugeridas.

(Lembre-se:  $A = P + N$ )

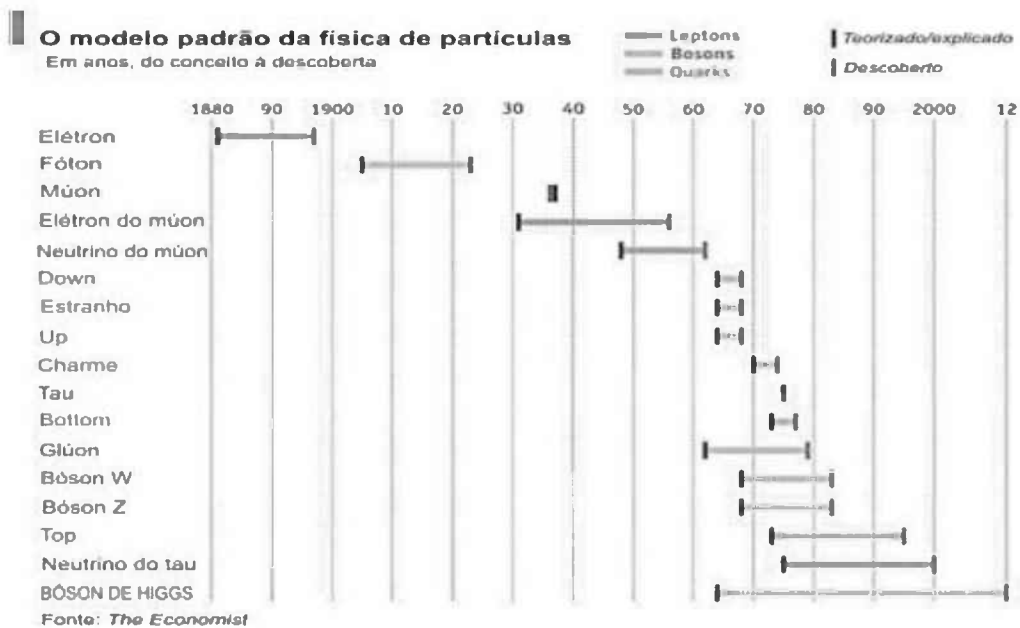
- a) O elemento químico chama-se **Boro (B)**. Possui **5 prótons** e **5 elétrons**. Seu número de massa é **10**. Portanto, possui **5 nêutrons**.
- b) O elemento químico chama-se **Silício (Si)**. Possui **14 prótons** e **14 elétrons**. Seu número de massa é **28**. Portanto, possui **14 nêutrons**.
- c) O elemento químico chama-se **Ouro (Au)**. Possui **79 prótons** e **79 elétrons**. Seu número de massa é **197**. Portanto, possui **118 nêutrons**.

Dessa forma, podemos dizer que para os prótons, temos        quarks up (u) e        quarks down (d) e para os nêutrons, temos        quarks up (u) e        quarks down (d). Os quarks ficam confinados nos                      que são os prótons e nêutrons que compõem o                      atômico.

2. Escreva no interior das esferas menores, u . quark up (pinte de vermelho) e d . quark down (pinte de verde). Faça os glúons com lápis de cor azul . Em seguida, pinte o fundo da esfera maior de amarelo e fundo das esferas medianas de laranja. Escreva no interior dos quadradinhos p (próton) e n (nêutron).

Elemento químico:	
Símbolo:	
Nº de elétrons:	
Nº de prótons:	
Nº de nêutrons:	
Prótons (quarks u):	
Prótons (quarks d):	
Nêutrons (quarks u):	
Nêutrons (quarks d):	





### Trabalho Final

1) Escolha um colega para formar uma dupla. Vocês devem pesquisar sobre a descoberta de uma das partículas encontradas na imagem acima (definida pelo professor) e responder:

a. Quem previu a existência desta partícula?

---



---



---

b. Como e quando essa partícula foi descoberta? Descreva o experimento utilizado.

---



---

c. Quais as principais propriedades dessa partícula?

---



---

2) Além de responder por escrito as questões acima, a dupla deve preparar uma apresentação de 10 minutos para expor à turma o conhecimento adquirido sobre essa partícula. A dupla tem a liberdade para escolher qual ferramenta irá utilizar para a apresentação (p.exemplo: vídeo, slide, cartaz etc.). A apresentação será realizada na próxima aula.

# Ferramentas de Avaliação

## Pré-teste

### Mapeamento do Conhecimento Prévio

Disciplina: Física

Data: \_\_\_\_\_

Série/Turma: \_\_\_\_\_

---

1- Para você, o que é um átomo?

---

---

2- Um átomo de um elemento é uma partícula elementar? (Sim/Não)

3- Você sabe alguma forma de classificar os átomos? (Sim/Não)

Caso tenha marcado sim, escreva como isto pode ser feito.

---

---

4- Existe algo dentro de um átomo? (Sim/Não)

Caso tenha marcado sim, escreva qual (quais) é (são) seus componentes.

---

---

5- Dentre as opções abaixo, qual é a melhor maneira de encontrar uma partícula elementar? Justifique sua resposta.

- Cortando em pedaços menores até chegar na partícula elementar;

- Visualizando a partícula elementar em um microscópio;

- Quebrando as partículas (ou corpos) por colisão, usando muita energia

---

---

6- Você já ouviu falar de anti-matéria? (Sim/Não).

Se sim, diga o que sabe nas linhas abaixo.

---

---

7- Na natureza, a matéria se relaciona a partir da ação de forças. Segue abaixo algumas das forças de interação entre as partículas (ou corpos). Qual (quais) você já ouviu falar.

- Força Gravitacional;

- Força eletromagnética;

- Força fraca;

- Força Forte

8- O que você entende por radiação? Dê um exemplo.

---

---

9- Dentre as opções abaixo, qual(is) pode(em) ser considerada(s) radiação?

- Luz
- Raio-X
- Onda de rádio FM
- Núcleo
- Onda de Calor
- Onda do mar

10- Dentre os termos abaixo usados para denominar as partículas, marque aquele(s) que você conhece ou já ouviu falar:

- Elétrons
- Pósitrons
- Nêutrons
- Neutrinos
- Léptons
- Bósons
- Prótons

11- Dentre as partículas abaixo marque aquela(as) que é(são) elementar(es).

- Partícula alfa
- Partícula beta
- Próton
- Nêutron
- Elétron
- Hidrogênio
- Quark
- Bóson de Higgs

12- As partículas do Universo sempre existiram da forma como são encontradas hoje?  
(Sim/Não)

Se não, diga o que sabe nas linhas abaixo.

---

---

---

13- O mesmo tipo de partículas encontradas aqui no Planeta Terra também podem ser encontradas em outros planetas ou estrelas? (Sim/Não)

14- Do ponto de vista da ciência, como surgiram as coisas?

---

---

---

## Pós-teste

### Mapeamento do Conhecimento Assimilado

Disciplina: Física

Data: \_\_\_\_\_

Série/Turma: \_\_\_\_\_

---

1- Para você, o que é um átomo?

---

---

2- Um átomo de um elemento é uma partícula elementar? (Sim/Não)

3- Você sabe alguma forma de classificar os átomos? (Sim/Não)

Caso tenha marcado sim, escreva como isto pode ser feito.

---

---

---

4- Existe algo dentro de um átomo? (Sim/Não)

Caso tenha marcado sim, escreva qual (quais) é (são) seus componentes.

---

---

5- Dentre as opções abaixo, qual é a técnica mais utilizada na atualidade para encontrar partículas elementares? Justifique sua resposta.

- Cortando em pedaços menores até chegar na partícula elementar;

- Visualizando a partícula elementar em um microscópio;

- Quebrando as partículas (ou corpos) por colisão, usando muita energia

---

---

6- Onde foram formados os elementos da tabela periódica?

Explique como, caso você saiba.

---

---

7- Na natureza, a matéria se relaciona a partir da ação de forças. Segue abaixo algumas das forças de interação entre as partículas (ou corpos). Qual (quais) você já ouviu falar.

- Força Gravitacional;

- Força eletromagnética;

- Força fraca;

- Força Forte;

- Força Nuclear.

8- O que você entende por radiação? Dê um exemplo.

---

---

---

9- Dentre as opções abaixo, qual(is) pode(em) ser considerada(s) radiação?

- Luz
- Raio-X
- Onda de rádio FM
- Núcleo
- Onda de Calor
- Onda do mar

10- Dentre os termos abaixo usados para denominar as partículas, marque aquele(s) que você conhece ou já ouviu falar:

- Elétrons
- Pósitrons
- Nêutrons
- Neutrinos
- Léptons
- Bósons
- Prótons
- Hádrons

11- Dentre as partículas abaixo marque aquela(as) que é(são) elementar(es).

- Partícula alfa
- Átomo de Ouro
- Próton
- Nêutron
- Elétron
- Hidrogênio
- Quark
- Bóson de Higgs

12- Dentre as características físicas apresentadas abaixo marque aquela(as) que é(são) usadas na classificação de partículas elementares.

- Número atômico
- Número de prótons
- Carga elétrica
- Número de elétrons
- Massa
- Spin (giro da partícula)
- Número de nêutrons

13- O mesmo tipo de partículas encontradas aqui no Planeta Terra também podem ser encontradas em outros planetas ou estrelas? (Sim/Não)

14- Do ponto de vista da ciência, o Planeta Terra é o centro do Universo? (Sim/Não)  
Se não, qual seria este centro?

---

---

---

---



## Autoavaliação

### Autoavaliação Referente às atividades do conteúdo de Física de Partículas

Data	
Turma	

Perguntas sobre Conhecimentos – Onde UM é *Compreendi nada* e SEIS é *Compreendi tudo*

Conhecimentos Necessários	Escala de compreensão
Estrutura atômica	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Partículas elementares	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Formação dos elementos químicos	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Classificação dos elementos químicos na tabela periódica	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Modelos atômicos	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
História dos modelos atômicos	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Características das partículas	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
História do Universo	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Ciclo de vida das estrelas	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)
Definição de Radiações	(Nada) ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ (Total)

Perguntas sobre a participação nas Atividades e nas Seções de Leitura

Nº	Pergunta	SIM	Às vezes	NÃO
1	A leitura foi interessante?			
2	Consegui participar das rodas de leitura?			
3	Fiz as atividades em casa?			
4	Ouvi atentamente os colegas?			
5	Esperei a minha vez de falar?			
6	Participei oralmente e ativamente das atividades tirando dúvidas com professor e colegas?			
7	Interessei-me pelos trabalhos de pesquisa?			
8	Entendi a relação entre os textos e o conteúdo?			
9	Cuidei da apresentação dos trabalhos?			
10	Tive facilidade com as atividades?			

Indique abaixo quais foram os **pontos positivos** (aquilo que você gostou e que gostaria que se repetisse em outras aulas) **pontos negativos** (aquilo que você não gostou ou que não gostaria que se repetisse em outras aulas) das nossas aulas.

Classifique os pontos observados. Em seguida avalie de UM a SEIS, cada ponto para indicar o **quão importante** você considera este ponto levantado. Onde UM é *nem um pouco importante* é SEIS *extremamente importante*.

Pontos Positivos das aulas	Escala – Grau de Importância
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥

Pontos Negativos das aulas	Escala – Grau de Importância
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
_____	① ② ③ ④ ⑤ ⑥

Há mais alguma informação que você gostaria de acrescentar sobre as nossas aulas sobre Física de Partículas Elementares?

_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
--

