

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências e Matemática

PARTÍCULAS ELEMENTARES:

Uma proposta de capacitação e apoio ao professor do Ensino Médio

EDER DIAS DA SILVA

BELO HORIZONTE

2015

EDER DIAS DA SILVA

PARTÍCULAS ELEMENTARES:

Uma proposta de capacitação e apoio ao professor do Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof.º Dr.º Lev Vertchenko

BELO HORIZONTE

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

S586p Silva, Eder Dias da
Partículas elementares: uma proposta de capacitação e apoio ao professor do ensino médio / Eder Dias da Silva. Belo Horizonte, 2015.
108 f.: il.

Orientador: Lev Vertchenko
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Partículas (Física, química, etc.). 3. Partículas (Física nuclear). 4. Didática. 5. Aprendizagem por atividades. 6. Vigotsky, L. S. (Lev Semenovich), 1896-1934. 7. Física (Ensino médio). I. Vertchenko, Lev. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 53:37.02

EDER DIAS DA SILVA

PARTÍCULAS ELEMENTARES:

Uma proposta de capacitação e apoio ao professor do Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Lev Vertchenko (Orientador) - PUC Minas

Profa. Dra. Adriana Gomes Dickman - PUC Minas

Profa. Dra. Joice da Silva Araújo - PUC Minas

BELO HORIZONTE, 25 DE MARÇO DE 2015.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelos ensejos recebidos e por minha existência.

À minha esposa, Fabiana, pela sua presença, sempre companheira, pelo incentivo e, principalmente, pelo amor que me fortalece a cada dia.

À minha família que sempre me apoiou, ilumina, alegra e vibra comigo todas as minhas conquistas.

Ao meu orientador, professor Doutor Lev Vertchenko, pela competência, atenção, paciência, incentivo e bom humor que me ofereceu ao longo desta pesquisa, fazendo com que, a todo momento, eu me sentisse despreocupado e empolgado para a realização deste.

Aos meus colegas de curso de mestrado da PUC-MINAS e também aos professores por me proporcionar conhecimentos que acrescentarão muito na vida dos estudantes e também de nós, professores, sendo que, em especial, gostaria de agradecer à Celina por ter compartilhado comigo todas as viagens até Belo Horizonte para a realização de mais uma etapa de nossos estudos.

À Irmã Marina, Cátia, Heloisa por proporcionar-me um afastamento parcial do colégio Nossa Senhora das Graças para a conclusão deste trabalho. Muito obrigado!

Aos membros da banca, pela disponibilidade e pelo interesse em contribuir para este trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram presentes na realização desta pesquisa.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta elaborada para a inserção de tópicos de Física Moderna no ensino médio na forma de uma sequência didática como sugestão de capacitação para alunos universitários dos cursos de Física e/ou Química, sobre uma das partes da física moderna, especificamente a física de partículas. O objetivo desta dissertação foi elaborar uma unidade de aprendizagem utilizando a transposição didática de Chevallard com o tema física de partículas segundo a teoria da mediação interacionista de Vygotsky e complementada pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. O produto didático foi aplicado a alguns professores do ensino médio da cidade de Patos de Minas, na escola estadual “Abílio Caixeta de Queiroz” durante cinco dias. Para a análise de dados, foi utilizada a análise de conteúdo segundo Bardin. Os dados coletados apontaram um grande interesse dos professores em repassar o conteúdo aos alunos e também sinais de aprendizagem significativa nos participantes da capacitação.

Palavras-chave: Transposição didática. Mediação interacionista de Vygotsky. Aprendizagem significativa. Partículas elementares.

ABSTRACT

This paper presents an elaborated proposal for the insertion of topics of Modern Physics in high school based on teaching sequence as a training suggestion for current teachers and college students of Physics and /or chemistry courses, in regards to one of the modern physics field, specifically particle physics. The aim of this work was to develop a unit of learning process using the didactic transposition theory of Chevallard with the physical theme of particles according to the theory of the interacting mediation Vygotsky and complemented by the theory of meaningful learning of Ausubel. The didactic product was applied to some high school teachers in the city of Patos de Minas, the state school "Abilio de Queiroz Caixeta" for five days. For data analysis, we used the content analysis according to Bardin. The data collected showed a great interest of teachers to pass on content to students and also significant learning signals in the participants of the training.

Keywords: Didactic transposition. Interactional mediation Vygotsky. Meaningful learning. Elementary particles

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Sistema didático segundo Yves Chevallard	28
FIGURA 2:	Jhon Dalton	80
FIGURA 3:	Elementos descritos por Daton	80
FIGURA 4:	J.J. Thomson	81
FIGURA 5:	Ampola de Crookes	81
FIGURA 6:	Modelo atômico de Thomson	82
FIGURA 7:	Rutherford	82
FIGURA 8:	Experimento de Rutherford	83
FIGURA 9:	Niels Bohr	83
FIGURA 10:	Simulador – Espalhamento de Rutherford	88
FIGURA 11:	Menu lateral direito do simulador	89
FIGURA 12:	Menu inferior do simulador	89
FIGURA 13:	Comparação entre os dois modelos – Thomson e Rutherford	90
FIGURA 14:	Comandos a serem utilizados – exibir traços e emissão de partículas	91
FIGURA 15:	Comando propriedades das partículas alfa - energia	92
FIGURA 16:	Comando propriedades do átomo	93
FIGURA 17:	Átomo Pudim de Passas	93
FIGURA 18:	Modelo para o mapeamento conceitual segundo a teoria da aprendizagem significativa	95
FIGURA 19:	Injeção de gás hidrogênio	97
FIGURA 20:	LINAC 2	97
FIGURA 21:	Núcleos de hidrogênio	97
FIGURA 22:	Ação do campo elétrico	98
FIGURA 23:	Booster	98
FIGURA 24:	Síncroton	99
FIGURA 25:	Aumento de massa dos prótons	99
FIGURA 26:	Super Síncroton de Prótons, SSP	100
FIGURA 27:	Lançadores	100

FIGURA 28:	Feixes que se cruzam para detecções	100
FIGURA 29:	Curso de colisão	101
FIGURA 30:	Um dos detectores	101
FIGURA 31:	Forças Gravitacional, Fraca, Forte e Eletromagnética	102
FIGURA 32:	História do Universo	103
FIGURA 33:	Modelo Padrão atual	107

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1:	Regras da Transposição Didática	39
QUADRO 2:	Regra I – Atualizar e modernizar o saber escolar.....	40
QUADRO 3:	Regra III - Articular o saber novo com o antigo	41
QUADRO 4:	Perguntas da entrevista após aplicação do produto	47
QUADRO 5:	Exemplo de perguntas que podem ajudar os professores a identificar os conhecimentos prévios dos alunos.....	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Questionamentos dos alunos sobre a Física Moderna	35
TABELA 2:	Fontes de pesquisa dos professores	36
TABELA 3:	Material didático sobre Física Moderna	36
TABELA 4:	Utilização de um material sobre Física de partículas	37
TABELA 5:	Respostas obtidas em uma aula de ensino médio	77
TABELA 6:	Ordem do desenrolar da aula	77
TABELA 7:	Descrição dos objetos	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	A teoria socio-interacionista de Lev Vigotsky	18
2.1.1	Instrumentos e signos	19
2.1.2	Interação social e Significados	19
2.1.3	Formação de conceitos	20
2.1.4	A fala	21
2.1.5	A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	21
2.1.6	Aprendizagem e o ensino	22
2.2	Aprendizagem significativa – A teoria de David Ausubel	24
2.2.1	Assimilação	25
2.2.2	Facilitação da aprendizagem significativa – um modelo para planejar a instrução	26
2.2.3	Mapas Conceituais	27
2.3	A transposição didática de Yves Chevallard	28
2.3.1	As esferas do saber – Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado	29
2.3.2	Noosfera	30
2.3.3	A sobrevivência dos saberes	31
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	33
3.1	Questionário de sondagem do professor	33
3.1.1	Perfil dos entrevistados	34
3.1.2	Tempo de trabalho no ensino médio e contato com a física moderna	34
3.1.3	Fontes de pesquisa e interesse dos alunos pós questionamento	36
3.2	Preparação do produto para o professor	37
4	APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO – PRODUTO	39
4.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1.1	Pré-teste: Questionário inicial antes da capacitação	43
4.1.2	Pós-teste: Entrevista final aplicado após a capacitação	46
4.1.3	Dados da entrevista após a capacitação	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE I – Como construir um mapa conceitual	57
	APÊNDICE II – Questionário de reconhecimento dos professores	59
	APÊNDICE III – Entrevista feita antes da apresentação do módulo didático e questionário de avaliação do material apresentado	60
	APÊNDICE IV – Cruzadinha	61

APÊNDICE V – Resultado do experimento da caixa e mapas conceituais construídos	64
APÊNDICE VI – Categorização das entrevistas segundo Bardin (2011)	71
APÊNDICE VII – Módulo didático	72

1 INTRODUÇÃO

Componentes curriculares como a disciplina Física não são bem aceitos por uma parcela considerável dos alunos do Ensino Médio. De fato, parece prevalecer uma imagem idealizada da Física como uma disciplina de difícil entendimento, cujo conteúdo se encontra muito distante do cotidiano destes estudantes. Assim, a Física passa a ser vista como uma disciplina desinteressante com poucas implicações para a vida dos cidadãos comuns.

Nesse contexto, a Física parece restringir-se a um pequeno grupo de possíveis cientistas e engenheiros, o que confere a ela um papel distorcido em relação a uma perspectiva de “ensino de ciências para todos”. Tendo em vista diminuir esse desinteresse e fazer com que as aulas de Física não se tornem cansativas e monótonas para a maior parte dos alunos, alguns professores procuram alternativas para tornar o aprendizado desta disciplina mais dinâmico, atual e efetivo.

Dentre as alternativas que se despontam, a Organização Européia para Pesquisa Nuclear (CERN), onde se encontra o LHC (Large Hadron Collider – grande colisor de Hadrões) promove todos os anos uma seletiva de professores brasileiros para participar de um programa que já vem sendo realizado há mais de 11 anos, sendo que o curso tem como objetivos principais fornecer aos participantes atualização e aprofundamento em tópicos de física moderna; apresentar experimentos e pesquisas desenvolvidas no CERN; promover o contato entre pesquisadores e professores do ensino médio e também a interação com estudantes de pós-graduação de todas as partes do mundo; estimular o desenvolvimento de materiais didáticos ligados a física contemporânea para o uso com os alunos do ensino médio; além de permitir a troca de experiências culturais e profissionais com professores de diferentes línguas.

O CERN objetiva atualizar constantemente os professores, levando a eles os mais recentes desenvolvimentos na sua área de atuação e divulgando as atividades de pesquisa em andamento.

Após a participação da Escola de professores no CERN em Língua Portuguesa no ano de 2012, veio a definição desse material que se trata de uma sequência didática para a capacitação de professores sobre a física de partículas. Este produto está de acordo com a proposta de dois dos temas estruturadores descritos no PCN+ (2002) que são *a matéria e radiação* e o outro *Universo, Terra e Vida*. Também concorda com as regras elaboradas por

Astolfi (1997) para uma transposição didática que são atualizar e modernizar do saber escolar (regra I e II), transformar esse saber em exercícios e problemas (regra IV) e articular o saber novo com o antigo (regra III). Vê-se com frequência, nos últimos anos, os alunos se interessarem com mais frequência pela física moderna, que está no seu ápice, por isso em destaque em vários *sites* de pesquisa e noticiários.

Logo, o objetivo com a pesquisa é sugerir possibilidades que contribuam para a formação, inicial ou continuada, de professores de física e de química do Ensino Médio, além de uma forma de inserção da física moderna neste nível de ensino. Ressalta-se que esta é uma sugestão de atualização curricular, que, na maioria das escolas, encontra-se ultrapassada, como afirma Osterman e Moreira (2001).

Dessa forma, a proposta de um novo Ensino Médio, que visa à formação de jovens independentemente da sua escolaridade futura, exige uma nova Física. O novo ensino, que deve voltar a sua formação para a vida, promoverá o raciocínio, de forma que causas e razões sejam compreendidas e que os jovens possam exercer seus direitos e participem das discussões de sua comunidade, resultando numa educação voltada para a cidadania - PCN+ (2002).

No decorrer do trabalho, o guia didático, além de um apoio aos professores, terá como consequência a atualização científica sobre a compreensão do mundo material microscópico e também modelos e formas de investigação sobre a origem e a evolução do Universo, sendo tudo detalhadamente apresentado em cada capítulo da dissertação.

Nessa perspectiva, atualmente, o mundo tecnológico e científico está em constante evolução. Em termos escolares, uma das disciplinas que mais auxilia nas explicações desse contexto é a Física Moderna. Deve-se, diante desse fato, propor estratégias para que os alunos tenham um acompanhamento e também uma compreensão da realidade que os cerca.

Logo, o propósito para este trabalho é a transposição didática definida como

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCN+ (2002) apresenta uma nova proposta baseada na contextualização e na interdisciplinaridade de temas abordados de modo que esses temas

possam desenvolver competências e habilidades específicas de suas áreas de conhecimento, capacitando o estudante a atuar e a viver em um mundo tecnológico, complexo e em permanente transformação.

Sob tal perspectiva,

a física desenvolvida na escola média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que o cerca (...) nesse nível de escolaridade devemos estar formando um jovem, cidadão pleno, consciente e, sobretudo capaz de participação na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade. (TERRAZZAN, 1994, p. 39)

Está ficando cada vez mais persistente a implementação da física moderna no currículo do Ensino Médio. Desde os anos de 1990 autores fomentam propostas para este fim, pois há um crescente número de publicações de artigos em revistas de divulgação científica que tratam desse assunto.

Percebe-se além disso, a falta de formação do professor em relação à física moderna. A maioria não dispõe de tempo ou de motivação para se atualizar e modificar suas metodologias. Em tempos de mudanças, Kawamura e Hosoume (2003) afirmam que a situação é particularmente estressante, pois é preciso encontrar novas opções, modificar hábitos, romper com rotinas, quase sempre sem a certeza nem a segurança das vantagens e desvantagens dos esforços desenvolvidos.

Poucos docentes comentam com seus alunos o que está acontecendo no mundo moderno, pois lhes falta segurança para responder às especulações que surgirão no discurso da sala durante a exposição do polêmico assunto.

A física clássica, por exemplo, descreve a maioria dos acontecimentos antes do início do século XX. Ela envolve conceitos que incluem termodinâmica, eletricidade e magnetismo, mecânica, luz, óptica e som. Já a física moderna está voltada para o mundo microscópico das partículas. Ela descreve os acontecimentos a partir do século XX incluindo a mecânica quântica, a física nuclear, a física de partículas, a física atômica, relatividade, física da matéria condensada, nanofísica e cosmologia.

Mas isso não quer dizer que a física clássica tem que desaparecer. Terrazzan (1994) diz que é ela que dá suporte para possíveis explicações dos fenômenos que ocorrem, ou seja, torna-se base para que possam exercer o trabalho com os tópicos de física moderna.

Para esse fim, nesta pesquisa foi selecionado uma proposta de tema específico da física moderna para trabalhar de forma estruturada e fundamentada, pois também não seria possível trabalhar toda a Física Moderna no curto intervalo de tempo do Ensino Médio. Esta seleção, consoante a Kawamura e Hosoume (2003), seria feita a partir de assuntos ou de tópicos com maior potencial, privilegiando as características essenciais que dão consistência ao saber da Física e que permitem um olhar investigativo sobre o mundo real.

Segundo uma pesquisa feita por Loch e Garcia (2009) com a intenção de entender o quanto as pesquisas acerca da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio têm conduzido a propostas de ensino a serem efetivadas em sala de aula, foi analisada a produção acadêmica pertinente que, pelos excelentes resultados, foi publicada em artigos e dissertações, a partir de 2002, mesmo ano da publicação dos PCN+ para o Ensino Médio. Com esse levantamento foi possível perceber a carência, de propostas de ensino em algumas áreas da FMC, tais como Física de partículas e Supercondutividade, para os quais foi encontrado apenas um trabalho para cada área. Por outro lado, chama também a atenção a presença de um número significativo de propostas de ensino para a Teoria da Relatividade.

De acordo com Siqueira e Pietrocola (2006), que fizeram uma análise de sequência didática, isto é, transposição didática, apontam a física de partículas como uma boa candidata a estar presente no currículo de Física do ensino médio, devido a toda contribuição que ela possa oferecer de acordo com as características apontadas por Chevallard (1991) e as regras de Astolfi (1997) descritas a seguir: Atualizar e modernizar o saber escolar (regra I e II), transformar esse saber em exercícios e problemas (regra IV) e articular o saber novo com o antigo (regra III).

Diante disso, o presente trabalho fundamenta-se em tópicos de física moderna com ênfase em física de partículas cujo estudo resultou em um módulo didático para a atualização dos professores de Física e de Química, representando o resultado de uma construção profissional e acadêmica.

A dissertação está organizada em: introdução, referencial teórico, metodologia, módulo didático de apoio ao professor do ensino médio, aplicação do produto desta dissertação, análise de resultados, discussão dos resultados, considerações finais e referências bibliográficas.

Nesta introdução, apresentou-se a questão da pesquisa assim como sua justificativa e a proposta didática identificando os seus objetivos.

No referencial teórico, é feita uma revisão de literatura sobre a área da pesquisa, apresentando os termos mais importantes a respeito das teorias psicológicas e educacionais que deram suporte ao presente trabalho.

A metodologia volta-se para elucidar a elaboração do módulo didático, detalhando cada questionário utilizado, cada passo que foi utilizado para a conclusão do mesmo.

Em seguida, apresenta-se o produto da pesquisa, que irá auxiliar o professor atuante ou o futuro professor de Física e Química na atualização do conhecimento na área de física de partículas.

Na parte da aplicação, por sua vez, há um relato de como foi feita a capacitação com os professores utilizando o módulo didático. Como consequência, resultados são coletados e nessa parte da pesquisa são expostos e também discutidos.

Finalizando a pesquisa, apresenta-se as considerações finais e as referências utilizadas aparecem em seguida, bem como os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresentam-se aqui os termos mais importantes a respeito das teorias psicológicas e educacionais que deram suporte ao presente trabalho, sendo elas a teoria socio-interacionista de Lev Semenovitch Vigotsky, a teoria educacional da aprendizagem significativa de David Ausubel e também da transposição didática segundo Ives Chevallard.

2.1 A teoria socio-interacionista de Lev Vigotsky

Lev Vygotsky (1896-1934), ao estudar o desenvolvimento cognitivo, considerou que o mesmo não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre, ou seja, sem o contexto histórico, cultural e social o indivíduo não irá adquirir conhecimentos do mundo que o cerca ao longo da vida. Vygotsky (1896-1934) também chama a atenção para os mecanismos de origem social e simbólicas do ser humano. Segundo ele, tais mecanismos promovem o desenvolvimento de habilidades cerebrais necessárias para obtenção de conhecimento para com o mundo, sendo que, essas habilidades envolvem pensamento, raciocínio, abstração, linguagem, memória, atenção, criatividade, capacidade de resolução de problemas, entre outras funções.

Vigotsky (1896-1934) definiu três pilares de sua teoria: um deles é a asserção de que os processos mentais superiores do indivíduo têm origem em processos sociais; outro é que esses processos podem ser entendidos se considerarmos os instrumentos e os signos que os medeiam; o terceiro é o chamado método genético-experimental, utilizado por ele na análise do desenvolvimento cognitivo do ser humano. (DRISCOLL, 1995, p. 225 apud MOREIRA, 1999).

Vale a pena ressaltar que as propostas de Vygotsky refletem raízes marxistas. Em consequência disso, a sua ênfase maior são as origens sociais dos processos psicológicos superiores e também a prioridade dos processos em perda dos produtos.

A partir desse breve esboço, buscar-se-á nas subseções que se seguem aprofundar alguns aspectos relacionados a esses três pilares.

2.1.1 Instrumentos e signos

Para Vigotsky (1896-1934), o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem a referência ao meio social. Destaca-se também que a conversão de relações sociais em

funções mentais desenvolvem pensamento, linguagem e comportamento. As conversões das relações sociais em funções psicológicas se faz através da mediação, essa que, por sua vez, produz uma internalização (reconstrução interna de uma operação externa). Essa mediação se faz necessária com o uso de instrumentos e signos, considerando que “um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa (MOREIRA, 1999, p. 111).

Faz-se presente na teoria de Vigotskyana três tipos de signos: indicadores, icônicos e simbólicos. Os signos indicadores são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam; por exemplo, onde há vício há jogo, porque aquele é causado pelo jogo. Tem-se também os signos icônicos, que são imagens ou desenhos daquilo que significam; por exemplo, placas de trânsito, pelo desenho sabe-se o que fazer ou também pode ser uma alerta. Por fim, o terceiro são os signos simbólicos, aqueles que têm uma relação abstrata com o que significam; por exemplo, uma pomba branca significa paz. De acordo com Vygotsky (1988; apud MOREIRA, 1999) é com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos, produzidos culturalmente, que se dá o desenvolvimento cognitivo.

Quanto mais instrumentos o ser humano vai aprendendo a usar, mais se ampliam as atividades nas quais suas novas funções psicológicas são aplicáveis. Da mesma forma, quanto mais for utilizando os signos, mais se modificam as operações psicológicas das quais o ser humano é capaz.

2.1.2 Interação social e significados

Os teóricos cognitivistas, Piaget e Ausubel a seu turno, focalizam o indivíduo como unidade de análise, já Vigotsky faz sua análise com a interação entre indivíduo e contexto. É a condução fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído. Assim,

uma definição de interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações. (O par, ou díade, é o menor microcosmo de interação social). Implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, a interação social supõe envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos. (GARTON, 1992, p.11 apud MOREIRA, 1999).

Juntamente com a interação social está a aquisição de significados. Como exemplo tem-se que os números são símbolos matemáticos e palavras são símbolos linguísticos. É na interação social que os significados e os gestos são construídos. Em outras palavras, algo que, para nossa cultura, tem um certo significado para outra o significado é diferente. Pode-se citar como exemplo disso os falsos cognatos da língua espanhola, tal como “despido” que tem como significado demitido. Para a língua portuguesa o significado seria estar sem roupa. Nesse sentido, uma palavra pode ter acepções diferentes para dois diferentes grupos de indivíduos.

2.1.3 Formação de conceitos

Há de se considerar três formações intelectuais paralelas aos conceitos segundo Vygotsky (1998) a saber: a agregação desorganizada, ou amontoado, pensamentos por complexos e conceitos potenciais. O primeiro ocorre quando, por exemplo, uma criança com um acúmulo de informações tenta agrupá-las para tentar solucionar um problema. Para os adultos isso seria resolvido com uma formação de novo conceito, enquanto que, para a criança, o significado de conceito é a formação de uma imagem gerada a partir de objetos isolados.

Destacam-se, a partir da proposta de Moreira (1999), duas fases para essa formação. Uma delas é a manifestação de tentativa e erro no desenrolar do pensamento, ou seja, cada informação acrescentada é uma suposição ou tentativa. A segunda fase é uma organização de como a criança vê o mundo que a cerca, ou seja, a posição em que os objetos se posicionam no espaço.

No pensamento por complexos, os objetos, além de serem agrupados pelas impressões individuais da criança, são aglomerados pelas relações que realmente existem entre eles. Nessa fase, a criança passa por uma sequência de aprendizados que são consequências das relações feitas entre os objetos. Primeiramente, a criança associa as características comuns, após relaciona com algo complementar e finaliza com associações em cadeia, feitas a partir de atributos como cores, formas e tamanhos. Tudo isso ainda, conforme Moreira (1999) leva a uma conclusão de algo abstrato.

Já os conceitos potenciais resultam de uma espécie de abstração primitiva que não sucede aos pseudoconceitos. Os traços abstraídos não se perdem facilmente e o verdadeiro

conceito surge quando são resumidos aqueles traços abstraídos e a composição passa a ser o principal instrumento do pensamento.

Sendo assim, para se trabalhar um tema em sala de aula, principalmente relacionado ao conteúdo que aqui se aborda, deve-se levar em consideração o uso de instrumentos e de significados para a formação de conceitos. No ensino médio, principalmente, período em que se tem o maior número de adolescentes, fase da vida em que gostam de se sentirem desafiados e nada como um assunto da atualidade como a física de partículas para promover neles o interesse e também a formação de novos conceitos.

2.1.4 A fala

Não se aprende nenhum conteúdo sem que este seja simbolizado e é nessa perspectiva que se deve considerar, segundo Vigotsky, que a linguagem é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo da criança, porque a libera dos vínculos contextuais imediatos. Na aquisição de um novo conceito, a criança associa o nome desse conceito com algo específico que descobriu no seu cotidiano e que numa interação social um indivíduo lhe confirma o que é realmente.

Por exemplo, falar em formação de buracos negros com os experimentos realizados no CERN e que eles sugariam a Terra, assustou muitas pessoas que pensavam ser verdade a notícia espalhada. A esse novo conceito para o público leigo, associou-se a uma destruição do planeta, ou seja, no seu cotidiano já houve acontecimentos que acabaram sendo destruídos através de uma sucção. Em seguida, esses indivíduos são informados através de interações sociais, sendo estas entrevistas de pessoas conhecedoras do assunto, falando sobre o que realmente acontece. Esse tipo de conceito formado pelas pessoas deve-se à mídia que aborda o assunto superficialmente, o que é corroborado pelo fato de esse assunto não ser estudado nas escolas, visto que os objetivos de funcionamento do LHC deveriam ser objetos de estudo dentro das instituições educacionais.

2.1.5 A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

Quando o indivíduo possui muitas informações e ele tem potencialidade de aprender, mas ainda não completou o processo, tem-se a chamada ZDP, ou seja, os conhecimentos estão

fora de seu alcance atual mas potencialmente atingíveis. Para a compreensão da ZDP, deve-se considerar que

a distância entre o nível real de desenvolvimento, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro mais capaz (VIGOTSKY, 1988:133 apud BAQUERO, 1998 p.97)

A ZDP define funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. Assim, trata-se de uma medida do potencial de aprendizagem e representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre e está sempre mudando dinamicamente. Para Vigotsky (1998) uma aprendizagem só é provocada quando há uma interação social como já mencionado anteriormente, mas ao mesmo tempo em que essa aprendizagem deve ocorrer dentro da ZDP, essa interação determina limites dessa zona. Esse é chamado de limite interior, ou seja, é o nível real de desenvolvimento do aluno. Tem-se também conforme Moreira (1999) o limite superior que é determinado por processos instrucionais que ocorrem no seu cotidiano, por exemplo, brincando, trabalhando e estudando.

Portanto, na perspectiva de Vygotsky (1998), exercer a função de professor (considerando uma ZDP) implica assistir o aluno proporcionando-lhe apoio e recursos, de modo que ele seja capaz de aplicar um nível de conhecimento mais elevado do que lhe seria possível sem ajuda. Atuar como professor, considerando a existência da ZDP, deve exigir do profissional que ele saiba como se organiza o contexto, de modo que a criança possa atingir um patamar mais elevado ou mais abstrato a partir do qual se reflete. Patamar que é capaz de ser mais consciente. Não é, portanto, a instrução propriamente dita, mas a assistência, tendo presente o conceito de interação social de Vygotsky, o que permite ao aprendiz atuar no limite do seu potencial.

2.1.6 Aprendizagem e o ensino

Outras teorias interpretam que o desenvolvimento cognitivo é necessário para a aprendizagem. Para Vigotsky (1998) é a aprendizagem que se faz necessária para o desenvolvimento cognitivo. O cognitivista relata também que o bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige, ou seja, o professor, nesse momento, tem

que ser o mediador do processo, fazendo com que o tema trabalhado seja de tal maneira que resgate o que o aluno já tem como conhecimento de mundo e transforme em conhecimento científico. Em sendo assim,

em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto de matéria de ensino, para determinado signo – da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira, “devolver” ao professor o significado que captou. O professor nesse processo, é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando o aluno e professor compartilham significados. (MOREIRA, 1999. p.120)

Tem-se como exemplo nessa pesquisa o assunto referente à física de partículas. Algo de que na maioria das vezes, os alunos não possuem o conhecimento, principalmente, das chamadas partículas quarks¹. Tanto isso é verdade que muitos saem do Ensino Médio hoje com a concepção de que a composição atômica é somente de prótons, elétrons e nêutrons. O papel do professor, nesse momento, seria de apresentar aos alunos os novos conceitos aceitos cientificamente a respeito da estrutura da matéria, como foi feito no produto didático. Os estudantes devem fazer perguntas ou, até mesmo, compartilhar o que foi internalizado e o dinamizador tem que verificar se os conceitos externalizados pelo aluno sobre os quarks, por exemplo, estão de acordo com o que se pretendia compartilhar e se estão de acordo com o conteúdo científico tratado. Quando aluno e professor começarem a partilhar os significados, poder-se-ia dizer que houve aprendizado.

Esse intercâmbio de significados, dentro da ZDP do aluno, é responsável por se fazer a aprendizagem. Sem a interação social, não seria possível um desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Dessa feita, intercâmbio e interação são essenciais na teoria de Vigotsky (1998) para que todos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem possam falar e também tenham oportunidade de falar.

Enfim, a aprendizagem é um processo complexo, evolutivo, que depende principalmente da interação social e de intensa troca de significados. O professor tem o papel de interferir no processo educacional, ou seja, provocar avanços nos alunos e isso se torna possível com a interferência na zona proximal. Sendo assim, o produto didático dessa

¹ Quarks são as partículas verdadeiramente elementares da matéria, uma espécie de tijolos básicos para a construção de toda a matéria, inclusive dos nêutrons e prótons. (MOREIRA, 2007)

pesquisa é direcionado aos professores para que possam ampliar o conhecimento sobre esse ponto e poder provocar os avanços na aprendizagem dos alunos referentes ao tema de física de partículas.

2.2 Aprendizagem significativa – A teoria de David Ausubel

Semelhante à teoria de Vigotsky para o tema de desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, faz-se presente nessa dissertação a teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel, já que esta é o conceito mais importante de sua teoria.

A aprendizagem significativa nas palavras de Moreira, Masini, (1982) é um processo pelo qual uma informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ausubel define esses conceitos de subsunçores.

Ela acontece, segundo Ausubel, quando os novos conceitos ancoram-se aos conceitos relevantes de cada indivíduo, ou seja, àqueles que as pessoas vão adquirindo com o cotidiano. A essência dessa aprendizagem está nas ideias simbolicamente expressas, essas devem ser relacionadas de maneira não-arbitrária e não literal ao que o aluno já sabe.

Cabe, então, aos professores um papel importante: no momento da aula em que quando se inicia uma explicação sobre um novo conteúdo, ele deve coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos alunos.

Os processos envolvidos em uma aprendizagem significativa vão contra à aprendizagem mecânica. Esta, definida por Ausubel (1968), é uma aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação de conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, ou seja, não há a interação entre o novo e o que já se encontra armazenado.

Mas, de onde vêm os subsunçores? O que fazer quando eles não existem? Como eles se formam?

Ausubel (1968) recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam como âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem. Assim,

o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Sua principal função é a

de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber. São úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”.(MOREIRA, MASINI, 1982)

Tomando como referência a principal função dos organizadores prévios, o conteúdo estudado nesta pesquisa faz parte de um organizador eficiente, pois é apresentado no início das tarefas de aprendizagem, facilitando o entendimento do assunto. Além disso, foi formulado com atividades que são do cotidiano do aprendiz e uma sequência didática.

Conceitos são adquiridos através da vivência de cada indivíduo. (NOVAK, 1997b apud MOREIRA, MASINI, 1982) diz que a maioria dos novos conceitos são adquiridos através da assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos.

2.2.1 Assimilação

A assimilação ajuda a explicar a organização da estrutura cognitiva de modo que haja relação entre as ideias âncora e as assimiladas que permanecem na estrutura cognitiva. Para Ausubel (1968) a nova informação potencialmente significativa é relacionada e assimilada por um conceito subsunçor existente na estrutura cognitiva, o que resulta em um produto interacional, ou seja, um subsunçor modificado.

Referindo-se às partículas constituintes do átomo, a maioria dos estudantes sai do Ensino Médio com o conceito de que o átomo é composto de prótons, elétrons e nêutrons. O professor, ao ser capacitado por este material, poderá apresentar para seus alunos que, além das partículas já conhecidas por eles (subsunçor existente), o átomo possui também as partículas constituintes do próton chamadas quarks (nova informação potencialmente significativa). A partir daí, o aluno, além de saber a respeito dos prótons, elétrons e nêutrons, modifica seu conceito e o torna mais inclusivo, ou seja, agora inclui também os quarks como constituintes do átomo (produto interacional ou subsunçor modificado).

Nesse processo, é fundamental o processo de assimilação para a aquisição e a retenção de novos conceitos. Após, a nova informação torna-se cada vez menos dissociável do subsunçor no qual se ancorou, chamado de assimilação obliteradora, ou seja, apagar ou destruir.

O processo de assimilação promove uma tendência de redução na estrutura cognitiva do aprendiz, pois tensiona a retenção de ideias gerais e estáveis, conforme Moreira, Masini (1982).

2.2.2 Facilitação da aprendizagem significativa: um modelo para planejar a instrução

Ausubel (1968) salienta que o maior problema na aprendizagem está na aquisição de um corpo organizado de conhecimentos e na estabilização de ideias inter-relacionadas que constituem a estrutura da disciplina. A utilização de recursos que facilitem a passagem da estrutura conceitual da disciplina para a estrutura cognitiva do aluno é o problema da aprendizagem em sala de aula que se tem atualmente. Esse processo torna o material significativo.

Tomando como referência o que Ausubel (1968) afirma, o professor possui um dos maiores trabalhos, que é auxiliar o aluno para que ele possa assimilar a estrutura da disciplina e organizar sua própria estrutura cognitiva. A facilitação de uma aprendizagem significativa em sala de aula é levada a efeito de duas formas: substantivamente e programaticamente.

Substantivamente, a aprendizagem dá-se com propósitos organizacionais e integrativos. É importante selecionar as ideias básicas para não sobrecarregar o aluno de informações desnecessárias e também a integração de assuntos em diferentes níveis. Já programaticamente, a aprendizagem dá-se por meio da adequação da ordenação da sequência do assunto, planejando a montagem de exercícios práticos. (MOREIRA, MASINI, 1982).

Sendo assim, para planejar uma aula, segundo a teoria de Ausubel, a difícil tarefa que o professor precisa realizar é a identificação de conceitos básicos da matéria de ensino e de como eles estão estruturados. Após resolvido esse problema, deve-se dar atenção a outros aspectos. É por isso que

uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos conceitos organizadores básicos de uma dada disciplina) é resolvido, a atenção pode ser dirigida aos problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e no arranjo sequencial das unidades componentes. Aqui, hipotetiza-se, vários princípios relativos à programação eficiente do conteúdo são aplicáveis independentemente do campo da matéria de ensino. (AUSUBEL, 1968, p. 152 apud MOREIRA, MASINI, 1982).

2.2.3 Mapas conceituais

Para Ausubel (1968) o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais inclusivos, ou seja, os elementos gerais de um assunto são introduzidos em primeiro lugar e depois é progressivamente diferenciado. Mapas conceituais são sugeridos como instrumentos úteis para a implementação de princípios que o estudioso chama de “reconciliação integrativa” no processo instrucional. Tem-se como exemplo as partículas constituintes do átomo citadas na seção 2.2.1, segundo parágrafo.

Mapas conceituais são definidos como sendo apenas diagramas indicando relações entre conceitos (MOREIRA, 1977 apud MOREIRA, MASINI, 1982), podendo ser vistos como diagramas que procuram refletir uma organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina.

Tem-se mapas com uma, duas ou três dimensões. Os chamados mapas unidimensionais possuem uma lista de conceitos que tendem a apresentar uma organização linear vertical. Eles dão apenas uma visão geral de uma disciplina. Os mapas bidimensionais, por sua vez, são representados tanto na horizontal como na vertical e possuem uma representação mais completa entre os conceitos de uma certa disciplina. Esses são mais familiares, ou seja, aparecem mais nas literaturas específicas de cada disciplina. Finalmente, aqueles com três ou mais dimensões não teriam representações concretas de estruturas conceituais, e sim de abstrações matemáticas de limitada utilidade para fins instrucionais. (MOREIRA, MASINI, 1982).

Encontra-se no apêndice 1 dessa pesquisa um modelo de como criar um mapa conceitual desenvolvido por Moreira (2010). Este método foi utilizado como atividade complementar no curso oferecido para a capacitação dos professores, cujo objetivo era mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos das descobertas das partículas elementares.

Outros materiais instrucionais são utilizados sem ter a necessidade da presença do professor para fazer as devidas explicações. Já os mapas conceituais não dispensam a fala do professor. O responsável por fazer um mapa conceitual tem que fazer também sua exposição, pois poderá ter palavras que ligam os conhecimentos apresentados no mapa que são essenciais para o entendimento e elas não estarão explícitas para a leitura. Logo, a explicação do mapa é de extrema importância para aprendizagem do conteúdo. Em vista disso,

os conceitos e linhas ligando conceitos num mapa conceitual não terão significado algum, a menos que sejam explicados pelo professor e que os estudantes tenham, pelo menos, alguma familiaridade com a matéria de ensino. (MOREIRA, MASINI, 1982)

Por conseguinte, todos os professores que participaram da capacitação fizeram e apresentaram seus mapas conceituais para o restante da turma.

2.3 A transposição didática de Yves Chevallard

Para completar o referencial teórico desse trabalho, fez-se necessário na elaboração do material, levar aos leitores e também aos professores algo de cunho científico para métodos simples de fácil compreensão. Esta adaptação está de acordo com a transposição didática que se define como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas, o Saber Sábido, transforma-se naquele contido nos programas e nos livros didáticos, o Saber a Ensinar e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula, o Saber Ensinado. Nessa direção,

um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39)

Quando se determina um conteúdo para ensinar, este sofre modificações para que os alunos possam aprender algo científico, mas com certas modificações sofridas que adaptam ao conhecimento do público leigo, ou seja, torna-se apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino.

O sistema didático é constituído por três elementos: professor, saber e aluno como é mostrado na figura 1.

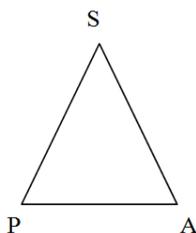


FIGURA 1 – Sistema didático (Chevallard, 1991, p.23)

Na teoria da transposição didática, Chevallard (1991) assume uma representação triangular do sistema didático, destacando a complexidade das relações estabelecidas entre os três pólos desse sistema: o saber (S), aquele que ensina/professor (P) e aquele que aprende/aluno (A).

O saber constitui a base ternária do processo ensino/aprendizagem, sendo que sua presença cria as novas relações professor-saber e saber-aluno. Em outros termos,

o saber, assim, torna-se um elemento essencial na relação tida anteriormente como exclusiva entre professor e alunos. Ao fazer isso, Chevallard amplia as possibilidades de análises teóricas desta relação: a epistemologia passa a ser um instrumento poderoso das análises do sistema didático, agora constituído por uma base ternária (professor, aluno e saber). (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005)

O elemento fundamental desse processo é o saber e, segundo Chevallard (1991), isso ajuda a entender as relações que ocorrem dentro das escolas e também as alterações ocorridas com o saber desde sua criação científica até chegar ao contato da sala de aula.

2.3.1 As esferas do saber : Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado

O Saber Sábio é o saber original, ou seja, ele nasce das pesquisas feitas pelos cientistas dentro de suas comunidades acadêmicas. Ele é tomado como referência e passa por transformações em meio aos pesquisadores até tornar-se público.

Ao fazer as leituras de suas descobertas publicadas em revistas, congressos, periódicos científicos, tem-se textos com linguagem impessoal e que não retrata, muitas vezes, características de sua construção. Esse saber é desenvolvido por intelectuais e por cientistas em instituições de pesquisas e após passa pelo julgamento da comunidade científica com normas e regras próprias.

O Saber Ensinar é a segunda parte do patamar do saber e da primeira transposição. Essa forma de saber é o que resulta o produto didático dessa pesquisa: Um guia didático para a capacitação do professor do ensino médio, correspondendo a uma transposição didática externa e que se baseia na construção ou elaboração de materiais didáticos para o ensino, para a formação universitária, programas escolares que têm como receptores principais alunos universitários e professores do ensino médio.

Esse é um produto organizado em graus de dificuldade, resultante de um processo de total descontextualização e degradação do saber sábio, conforme pontuado por D'agostin, Garcia, (2008).

O Saber Ensinado é a segunda transposição do saber, ou seja, uma mudança interna, pois ocorre no âmbito do interior escolar. Há uma transformação do conhecimento visando à sequência das aulas. O papel do professor, nesse caso, é fazer de suas aulas um ensino tendo como base o Saber a Ensinar (capacitação da presente pesquisa) para, então, produzir o Saber Ensinado. Além dos professores, tem-se os grupos vinculados a esse processo, mas os docentes são os principais. É nesse momento que o professor se torna elemento mediador entre conhecimento e o aluno. O Saber Ensinado é criado no espaço escolar quando o professor organiza suas aulas, ou seja, em seu planejamento diário.

Segundo CHEVALLARD (1991), o saber produzido pelos cientistas quando é transformado em objetos de ensino passa por modificações, mantêm semelhanças, mas adquire outros significados próprios do ambiente escolar, o qual constitui a cultura escolar.

2.3.2 Noosfera

Chavellard (1991) conceitua Noosfera como sendo o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado. É ali que se produz todo conflito entre sistema e entorno e se encontra seu lugar privilegiado de expressão.

Cada grupo social possui seus próprios interesses, com regras próprias e que influenciam nas mudanças ocorridas no saber. Esse grupo pertence ao saber sábio, saber a ensinar e saber ensinado. Existem fatores externos ao sistema escolar, que formam uma interseção e se influenciam. Nesse local, chamado de Noosfera, produz-se todo o conflito entre o sistema e tende a manter o projeto educacional em curso até que sofra modificações significativas.

Caso algum material produzido pela sociedade científica não for transposto como saber ensinar, a Noosfera desempenha um papel importante que é o de selecionar os novos conteúdos que, devido ao seu “status de verdade”, são legitimados como saberes a ensinar, é o que afirma D'agostin, Garcia, (2008).

Na Noosfera, estão todos aqueles que influenciam na forma de ensinar, fazendo com que o Saber Sábio se transforme até chegar nas salas de aula de uma maneira simples e interessante para a aprendizagem dos alunos.

2.3.3 A sobrevivência dos saberes

Uma produção que possa levar até a sala de aula algo transformado, ou seja, uma transposição didática como ferramenta de análise, reflete-se nos caminhos trilhados pelos saberes. A Noosfera atua, por sua vez, como um guia, que tem por finalidade selecionar os saberes que farão parte do contexto escolar. Alguns saberes não sobrevivem ao processo de separação do saber a ensinar, de tal maneira que não chegam ao saber ensinado. Com o passar do tempo, alguns saberes acabam “envelhecendo” no contexto educacional, deixando de ser objetos de ensino e sendo descartados ou substituídos por novos saberes adquiridos pelo progresso científico e também tecnológico. Para que um determinado saber sobreviva às gradações da transposição didática, Chevallard (1991) definiu algumas características necessárias: ser consensual, moral, biológica, operacionalidade, criatividade didática e terapêutica.

O saber deve ser consensual, ou seja, o saber não pode apresentar dúvidas de veracidade ao chegar à sala de aula. Um saber que possa ser avaliado como importante e necessário à composição curricular (Moral) e o saber deve ser ensinado usando-se de suporte teórico e terminologias que estejam na mesma frequência com a atual ciência praticada (biológica).

Um exemplo disso, a presente pesquisa trata-se de um assunto atual. Quando se fala hoje sobre os modelos atômicos de Thomson e Rutherford, é somente de uma perspectiva histórica, pois, na atualidade, destacam-se a composição do átomo e também a descoberta das partículas elementares. É inadequado segundo Chevallard (1991) hoje estudar a fundo os modelos citados anteriormente.

O Saber a ensinar deve ter operacionalidade. O módulo didático elaborado deve ser operacional, no sentido de desenvolver atividades que possibilitem uma avaliação daquilo que foi adaptado. Uma sequência didática não operacional não satisfaz as exigências do saber ensinar; já a criatividade didática é um elemento essencial e está ligada à criação de um saber com identidade própria.

Finalizando as características em face à sobrevivência dos saberes, tem-se a terapêutica. O saber ensinar deve se submeter aos testes terapêuticos. Permanece no âmbito escolar aquele saber que deu certo e o que deu errado entra no esquecimento naturalmente.

As características acima, descritas por Chevallard (1991), são necessárias para a sobrevivência dos saberes. O módulo didático desenvolvido nesse trabalho está de acordo com as características citadas acima. É atual, dinâmico e com atividades que possibilitam a avaliação do tema estudado. Essas características nos revelam grande interesse e como consequência, muitas perguntas sobre as inovações curriculares e também da inserção de física moderna no Ensino Médio.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Para a elaboração deste guia, fez-se necessário a coleta de dados vindos da aplicação de um questionário. Este que foi respondido por alguns professores do Ensino Médio já atuantes em sala de aula. De acordo com as respostas obtidas, percebeu-se a importância de criar um produto que se destina a um material de apoio ao professor com ênfase na evolução das ideias da Física assim como as descobertas das partículas elementares. O docente poderá utilizá-lo como um planejamento sobre o assunto, tendo como finalidade a inserção deste conteúdo no Ensino Médio. O mesmo também oferece suporte em relação ao que vem acontecendo no mundo atual.

A construção do produto deste trabalho será direcionada aos professores de Ensino Médio. Sendo assim, o conhecimento do perfil dos docentes que utilizarão o material é indispensável, assim como a forma que trabalham nas escolas.

3.1. Questionário de sondagem do professor

Apresenta-se aqui com o objetivo de justificar a montagem da U.A. – Unidade de Aprendizagem e elaborar um guia que sirva de apoio ao professor, os dados obtidos da pesquisa feita com os professores das áreas de Química, Matemática e na maior parte de Física.

O questionário (APÊNDICE II) apresenta perguntas sobre formação, atuação e tempo de trabalho como docente, além de questionamentos que buscam identificar a necessidade dos conteúdos relacionados à física moderna quando se deparam com perguntas feitas pelos alunos, que buscam conhecimentos em notícias atuais e também como se dá a explicação e o ensino-aprendizagem após essas perguntas.

Para essa pesquisa, utilizou-se um tipo de questionário constituído por perguntas fechadas e abertas, permitindo uma liberdade de questionamentos para aquele que o responde. Isso contribui muito para um detalhar dos entendimentos docentes acerca do objeto de estudo.

3.1.1 Perfil dos entrevistados

Foi utilizado um questionário direcionado para nove professores da rede estadual de ensino básico sendo que três deles também trabalham em instituições particulares; dois da rede particular; três alunos do mestrado profissional da PUC-MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, sendo que dois deles atuam no IF – Institutos Federais e um em Faculdade particular; uma doutora que atua no UNIPAM – Centro Universitário de Patos de Minas.

Os professores que participaram da pesquisa são ex-colegas de graduação e três deles trabalham no mesmo colégio que o pesquisador. Para preservar a sua identidade, serão identificados pela letra E seguida de um número.

Segundo as respostas sobre a formação dos entrevistados, constata-se que a maioria tem formação em física: sete professores. Além desses, tem-se quatro formados em Química, um em Matemática, dois em Matemática e Física, um em Matemática, Física e Engenharia Elétrica. Quanto à titulação, tem-se um com pós-doutorado em Física, três mestres sendo dois em Física e um em Química, quatro pós-graduados em Física e sete somente graduados em Física.

3.1.2 Tempo de trabalho no Ensino Médio e contato com a física moderna

Os dados iniciais da pesquisa revelam que 73,3% dos professores atuam no Ensino Médio a mais de cinco anos. Logo, tem-se uma quantidade de professores já experientes. Em contrapartida, aproximadamente 90,0% dos entrevistados se queixam de não terem visto em suas graduações física moderna de maneira que possam trabalhá-la com alunos do Ensino Médio, como pode se visualizar nas transcrições de algumas respostas a seguir:

E1- Tive física moderna na minha graduação, mas não me sinto segura em trabalhar este conteúdo no ensino médio. Sinto necessidade de capacitações referentes ao conteúdo. Precisamos de mais materiais de apoio para que possamos mostrar o mundo atual aos nossos alunos a fim de que despertem neles o interesse pela física atual.

Sobre a frequência de questionamentos sobre física moderna de uma maneira geral, um número considerável de docentes – 80,0% - diz ter esse tipo de pergunta sempre, feita por

aqueles alunos mais curiosos, que se interessam por assuntos além do conteúdo estudado, é o que foi respondido pela professora E5. Os outros 20,0% responderam que muito pouco é questionado sobre o assunto, de modo que merece destaque uma das respostas obtidas: E4 – “Muito pouco, até mesmo nos livros didáticos a Física Moderna é colocada de forma superficial”

A resposta de E4 aponta para o fato de que alguns professores não sentem-se seguros em discutir sobre a Física Moderna, logo, não inserem esses conteúdos em suas aulas.

No que se refere às partículas elementares, observa-se o mesmo, pois, segundo os resultados do questionário, perguntas sobre o LHC – Large Hadron Collider - e as partículas acontecem a todo momento. Esta está em evidência devido a mais recente descoberta feita no CERN – Centro Europeu de pesquisas nucleares, o bóson de Higgs, mais conhecido como a partícula de Deus.

Muitos dos pesquisados pensam que a física moderna é para ser estudada somente no terceiro ano do Ensino Médio. Com base no questionário, percebe-se uma indagação de todas as séries, inclusive do 9º ano do ensino fundamental. Antecipadamente, nota-se que não só os alunos do ensino médio possuem o interesse sobre a física de partículas. Algumas das transcrições abaixo sobre o questionamento dos alunos sobre a Física Moderna, revelam o que foi discutido anteriormente.

TABELA 1 – Questionamentos dos alunos sobre a Física Moderna

E3, E4, E12, E13 e E14	3º ano.
E1, E2 e E7	1º ano.
E6, E8, E9, E10 e E11	2º ano
E5 e E15	9º ano, pois eles ainda não tem noção de química e física e tentam fazer todas as perguntas sobre o mundo e tecnologia que os instigam.

Perguntas nesse período de conhecimento, 9º ano, chama a atenção, pois, nesse momento, o professor, ao responder o questionamento desses alunos, está promovendo a criação nele de conhecimentos prévios e também aguçando as curiosidades que já possuem sobre o assunto. Neste caso as respostas do professor devem ser trabalhadas (lapidadas/adaptadas) com uma nova linguagem acessível ao nível desses estudantes.

3.1.3 Fontes de pesquisa e interesse dos alunos pós questionamento

No mundo de altas tecnologias, não se pode esperar como resposta algo diferente de sites eletrônicos quando perguntados sobre as fontes de pesquisa. Para a maioria dos professores entrevistados, suas fontes de pesquisa é a internet como pontuado por alguns docentes.

TABELA 2 – Fontes de pesquisa dos professores

E5	em um site e outro, sem certezas.
E4	nos livros as abordagens são bastantes resumidas, logo utilizo sempre revistas científicas e pesquisas na internet.

No que diz respeito à facilidade para encontrar algo que possa dar suporte às respostas, quase 100% dos professores responderam que não. Neste momento, percebe-se a necessidade de um material que dê suporte ao professor na área de Física Moderna. Seguem algumas respostas que refletem essa realidade.

TABELA 3 – Material didático sobre Física Moderna

E9	Não, as abordagens quando resumidas, são de difícil entendimento.
E14	Não foi fácil por haver necessidade de elaborar uma resposta para leigos sobre um assunto com profundidade científica.
E15	Não muito.

Ensinar é algo prazeroso quando o aluno está aberto a receber novos conhecimentos. Pensando nisso, esta aprendizagem só se torna um prazer quando segundo Ausubel (1968), ele tem uma aprendizagem significativa. E, para isso, é indispensável a presença dos conhecimentos prévios. Nesta perspectiva, E4 após ter respondido o questionamento de seus alunos, relata que o tema física de partículas desperta a curiosidade dos jovens. Surgiram perguntas para esse professor como, por exemplo, quantos tipos de partículas existem no universo, do que elas são feitas, se é possível manipulá-las.

Sobre a utilização de um material sobre a física de partículas, caso tiver disponível, os professores contribuíram muito para a elaboração do produto deste trabalho. A maioria sente a necessidade de um planejamento para que possa aplicar a seus alunos e se apoiar sobre os assuntos da atualidade. As respostas de alguns encontram-se abaixo:

TABELA 4 – Utilização de um material sobre a física de partículas

E8	Sim, claro! Seria fantástico.
E12	Certamente, pois há uma carência e um descaso sobre o assunto.
E13	Com certeza sim! Usaria evidentemente se o considerasse material específico para alunos do ensino médio.
E5	Sim, apesar de todas as dificuldades que temos certeza que encontraríamos.

Percebe-se na resposta do professor E5 que, mesmo com um planejamento a ser aplicado, teria dificuldades com alguns questionamentos feitos vindos de seus alunos.

Sendo assim, diante de todas essas observações, reforça-se a necessidade de um material didático que dê suporte ao professor para uma inserção da física de partículas no ensino médio. Este que tem como objetivo desenvolver uma unidade de aprendizagem significativa e eficaz segundo a teoria de Ausubel (1968) e também fazendo uma transposição didática segundo Chevallard (1991).

3.2 Preparação do produto para o professor

O guia de apoio ao professor desenvolvido neste trabalho é uma unidade de aprendizagem composto por etapas que auxiliam na aplicação e na aprendizagem do professor e, conseqüentemente, do aluno. Elas se distribuem da seguinte forma: um texto retirado e adaptado de (SIAS, SAMPAIO, MUTZENBERG, MOREIRA – 2002) que introduza o tema a ser abordado “Introdução a Física de Partículas”. Este se torna uma fonte de informações aos alunos, ou seja, para que eles tenham uma visão geral sobre o assunto. Logo após se trabalhar com o texto, o professor tem como sugestão fazer um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos. Após a organização do conhecimento, faz-se um debate com os mesmos.

Dando continuidade no processo, encontra-se disponível neste material, uma breve retomada histórica sobre a evolução dos modelos atômicos desde Leucipo e Demócrito até os dias atuais. Para simular a criação de modelos, após a parte histórica propõe-se uma atividade prática com materiais alternativos de baixo custo. Este simula como antigamente os pesquisadores elaboravam seus modelos atômicos. Sugere-se também uma atividade com o uso de simuladores, mostrando a evolução dos experimentos e também das ideias relacionadas ao átomo.

Em seguida, inicia-se um estudo sobre as partículas elementares. Um estudo histórico contado no livro de (ABDALLA, 2005). Esta é docente, pesquisadora e reconhecida especialista na área de Física Teórica de Altas Energias. Este livro apresenta de uma forma didática todo o conteúdo sobre as descobertas das partículas elementares e também curiosidades sobre o CERN. Como se trata de uma capacitação de professores, o material destinado sobre a história dos descobrimentos das partículas pode ser manuseado de acordo com o dinamizador do curso. Tem-se uma sugestão de trabalhar em grupos e estes apresentarem um mapa conceitual da parte estudada. Feito isso, um integrante de cada grupo apresentaria seu mapa e no final faria a união de todos em um só, formando assim o mapa conceitual das descobertas das partículas elementares.

Mas, onde são detectadas? Para responder a esse questionamento, propõe-se um documentário sobre o LHC disponível na internet intitulado como The Next Big Bang. Nele encontram-se respostas para várias perguntas feitas em sala de aula por alunos. Dessas perguntas, criou-se um questionário para ser respondido durante ou após trabalhar com esta ferramenta. Este questionário encontra-se na página 96 do módulo didático. Também encontrará um texto explicativo de como são preparadas as partículas antes de serem colocadas no LHC para colidirem e também onde são organizadas.

Finalizando, tem-se a proposta de uma cruzadinha (APÊNDICE IV) que contém todo o conteúdo das partículas constituintes do modelo padrão. A cruzadinha foi desenvolvida no programa gratuito eclipsecrossword pelo autor do trabalho.

O módulo didático de apoio ao professor do Ensino Médio encontra-se no apêndice VII.

4. APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO – PRODUTO

Neste capítulo, mostra-se a realização da aplicação do produto didático assim como os dados obtidos através de entrevistas gravadas e posteriormente transcritas para uma análise segundo Bardin. Foram feitas antes e após o desenvolvimento da capacitação. Elas permitiram a coleta de dados importantes para a conclusão dessa pesquisa e também perceber que o processo descrito neste trabalho faz com que os professores sejam divulgadores de conhecimentos adquiridos.

Foram convidados dez professores para a capacitação, mas nem todos puderam comparecer. Participaram seis professores da rede estadual de ensino básico sendo que três deles também trabalham em instituições particulares e dois da rede particular, totalizando oito professores. Todas as instituições em que os professores trabalham se localizam em Patos de Minas.

O produto foi aplicado pelo autor do trabalho na escola estadual Abílio Caixeta de Queiroz, unidade que é uma das escolas que o dinamizador trabalha. A aplicação foi realizada em cinco dias, de segunda-feira a sexta-feira, sendo que em cada dia era gasto o tempo necessário para a completa aplicação dos tópicos apresentados anteriormente. O tempo gasto em média, em cada dia, foi de aproximadamente de três horas.

Para descrever o processo de transformação do saber sábio em saber ensinar, segundo as regras estipuladas por Astolfi (1997) citadas por Siqueira e Pietrocola (2006), o desenvolvimento da capacitação teve as seguintes divisões segundo o quadro 1.

Quadro 1 – Regras da Transposição Didática

Regras da Transposição Didática	Tempo de aplicação
1 - Modernizar o saber escolar	2h e 50min
2 – Atualizar o saber escolar	3h
3 – Articular o saber novo com o antigo	3h
4 – Transformar um saber em exercícios e problemas	3h e 30min
5 – Tornar um conceito mais compreensível	3h

Fonte: Elaborado pelo autor

No primeiro contato com os professores, foi explicado a eles como seria o desenvolvimento da capacitação sobre a física de partículas no Ensino Médio. Iniciou-se,

então, com uma entrevista gravada, na qual cada professor respondeu cinco perguntas do questionário que se encontra no APÊNDICE III. Cumprida tal etapa, deu-se o início a aplicação da regra II, que reza a atualização do saber. Assim, foi feito um apanhado geral de todos os professores o que eles tinham como conhecimentos prévios, chamados também de subssunçores, sobre a física de partículas. As palavras citadas pelos professores foram anotadas em um quadro para que depois fossem organizadas segundo um cronograma proposto pelo autor: 1º - palavras relacionadas ao átomo; 2º - palavras relacionadas às partículas elementares; 3º - palavras relacionadas ao acelerador de partículas; 4º - palavras relacionadas ao bóson de Higgs; 5º - palavras relacionadas ao modelo padrão.

Feito isso, realizou-se a organização das palavras com a participação de todos os professores presentes. Durante esta organização, os professores discutiam uns com os outros assuntos atuais e que se encontravam no contexto da física moderna aqui estudada.

Na terça-feira, a aula teve como objetivo a Regra I com a utilização de um texto que trazia informações sobre as partículas e também sobre o mundo atual. Vale a pena ressaltar a disposição dos professores para com o assunto, pois a maioria deles se queixou sobre não ter visto o conteúdo na graduação. Logo após a leitura do texto, um debate foi feito colocando como prioridade de discussão, dentre tantos aspectos, a modernidade, a utilização de aparelhos eletrônicos, os avanços tecnológicos. No quadro 2, estão dispostos os momentos do segundo dia de aplicação.

Quadro 2 – Regra I – Atualizar e modernizar o saber escolar

1 - Modernizar o saber escolar	Tempo de aplicação
Entrevista com os professores	50min
Estudo do texto teórico	2h

Fonte: Elaborado pelo autor

No quadro 3, mostra-se de uma forma detalhada como ocorreu na quarta-feira, o próximo momento da capacitação.

Quadro 3 – Regra III - Articular o saber novo com o antigo

Articular o saber novo com o antigo	Tempo de aplicação
<p>Experimento da caixa de sapatos. Descrição de propriedades encontradas ao analisar a caixa sem abri-la. Objetivo: Restaurar como os cientistas criavam suas hipóteses relacionadas ao modelo atômico.</p>	30 min
<p>Discussão dos resultados do experimento feita em forma de mesa redonda.</p>	1h
<p>Utilização dos simuladores para a demonstração da evolução dos modelos atômicos. Reconhecimento do site de simuladores da faculdade de Colorado – PHET simulations.</p>	1h e 30 min

Fonte: Elaborado pelo autor

Na quinta-feira, foi pedido aos professores que se separassem em grupos para que eles pudessem estudar uma apostila retirada do livro de Maria Cristina Abdalla, que se tratava de capítulos relacionados às descobertas das partículas elementares. No término da leitura, cada grupo ficou responsável por montar um mapa conceitual segundo as orientações de Moreira (2010) - APÊNDICE I. Este seria apresentado ao restante dos professores presentes na capacitação. Ao final de todas as apresentações, foi proposto aos cursistas para unirem todos os mapas e, dessa montagem, sairia um só sobre as partículas elementares. Tudo o que foi feito está de acordo com a Regra IV.

No último dia de capacitação, encerrou-se com um documentário de 40 minutos sobre a construção do LHC (The next big bang - <http://www.youtube.com/watch?v=GlnSTEF0Mj0>) e um estudo de dois textos informativos adaptados pelo autor, um sobre como se dá a separação das partículas antes de entrar no acelerador de partículas e outro sobre o modelo padrão. Em consequência disso, pode-se

afirmar que essas atividades tornam um conceito mais compreensível, ou seja, a regra V. Foi proposto como sugestão de atividades um questionário sobre o documentário e também uma cruzadinha (APÊNDICE IV) sobre o modelo padrão e seus constituintes.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresentam-se aqui as respostas que se referem às entrevistas que foram feitas antes da aplicação do produto didático e também após a capacitação, que foi trabalhada com os professores do ensino médio de Física e de Química. Os dados foram categorizados a partir das teorias de Bardin (2011) em que a pré-análise é a fase de organização do material e tem por objetivo “tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 2011, p.95). Vale ressaltar que a autora dá ênfase a três missões nesse momento: a escolha dos resultados a serem submetidos a análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos, além dos indicadores que fundamentam a interpretação final.

A escolha e a seleção dos resultados foi feita seguindo as regras de exaustividade, de representatividade, de homogeneidade, de pertinência de maneira que correspondam ao propósito da análise. Para essa pesquisa, foi necessário levantar possíveis respostas que implantassem indícios de disposição dos professores a implantar a discussão sobre a física de partículas em suas aulas do ensino médio.

Nesta fase, o pesquisador formulou um questionário a partir de hipóteses que seriam confirmadas ou infirmadas, recorrendo aos procedimentos de análise, lembrando que a formulação de hipóteses não é obrigatória para se fazer a análise. Não pode-se deixar de falar do objetivo que, segundo Bardin (2011, p.98), é a finalidade geral a que se propõe.

Ao final dessa fase, a autora recomenda que se faça a preparação do material de análise, transcrevendo na íntegra as entrevistas para que se forme o *corpus* do trabalho. Para preservar o anonimato dos sujeitos, utilizou-se a letra E para a identificação dos professores entrevistados acompanhada de números. Esses representam apenas a singularidade dos sujeitos e para que se possa identificar o discurso de cada um deles.

A categorização dos resultados estão apresentados no APÊNDICE VI.

4.1.1 Pré-teste: Questionário inicial antes da capacitação

O questionário inicial, constituído de cinco questões, foi aplicado antes do desenrolar do produto relacionado à física de partículas no Ensino Médio. As perguntas nele contidas, permitem identificar o que o professor pensa sobre a física moderna no Ensino Médio, as dificuldades encontradas para o ensino desse tópico e também se, após uma capacitação, o professor adquire segurança para inserir a física moderna em suas aulas no Ensino Médio.

Em relação à primeira pergunta do questionário, sobre o que pensa o professor sobre a inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio, a maioria deles acha o tema interessante e importante, pois está relacionado com o mundo atual, ou seja, com o avanço tecnológico e com o dia a dia dos alunos. Contudo, dois professores chamaram a atenção pelas respostas dadas, como se pode observar abaixo:

E1 - “Eu acho interessante de trabalhar né com a parte da física moderna e contemporânea no ensino médio, porque aborda conteúdos dentro da física que permite ao aluno a entender melhor o modelo atômico né, atual.”

E2 - “A inserção aqui iria complicar a vida da maioria dos professores do ensino médio. Principalmente por causa da mudança pra colocar física moderna no aceleramento de partículas, o que é que eu posso te dizer aqui, e o método como seria utilizado isso para eles, que seria uma novidade muito grande.”

Percebe-se, na fala do professor E1, que é licenciada em Química, uma possibilidade de contextualização com a mesma e também a não atualização das informações que esses profissionais possuem em livros didáticos com relação ao modelo atômico ensinado em sala de aula na atualidade. Já o professor E2 possui uma certa barreira para uma reforma curricular em suas aulas. Compreende-se isso quando fala em “complicar a vida da maioria dos professores” e também ele cita “por causa da mudança”. Na maioria das vezes, isso acontece quando o docente não possui um embasamento sobre o conteúdo: certamente por falta disso em sua graduação ou, até mesmo, por não ter tempo em pesquisar sobre o assunto, pois tem uma carga horária de trabalho extensa.

Sobre o segundo questionamento, em que se pergunta sobre as dificuldades encontradas para ensinar os tópicos de física moderna, os professores tiveram opiniões que se diferem umas das outras. Dificuldades que são relatadas nos trechos abaixo:

E2 - “Seria como aplicar isso para o aluno de forma prática, como material, pois a teoria seria para eles também uma novidade, mas a prática seria mais difícil.”

E3 - “Eu acho que pela subjetividade do tema, eu acho que seria muito complicado. Não do aluno entendê-lo mas sim de aceitar sendo que é difícil a experimentação dos mesmos, principalmente em ensino médio e em escolas públicas com materiais de baixo custo.

Os professores citados acima possuem como dificuldade principal a falta de experimentos relacionados ao tema, além de serem docentes em escolas públicas, sentem a necessidade de ter um experimento que possam realizar com materiais de baixo custo.

E5 - “Eu acho talvez que o aluno não teria maturidade para entender a física moderna, é o meu ponto de vista. E a minha maior dificuldade é a falta de capacitação.”

E8 - “Olha, uma das principais dificuldades, aliás a primeira dificuldade que eu vejo, é porque ele é um, a física moderna, os temas que são abordados pela física moderna são temas complexos, são abstratos e até mesmo nós como professores não temos muito conhecimento a respeito do assunto. Eu me lembro quando eu estudei que eu fiz faculdade, é, foi muito pouco inserido, é, na minha formação esse assunto até mesmo na faculdade. A segunda dificuldade que eu vejo, o conteúdo de física que é trabalhado na escola, ele já é um conteúdo muito extenso, muitas vezes agente nem consegue vencer todos os conteúdos, então é, a quantidade de conteúdos que as vezes nós temos que trabalhar para a quantidade de aulas que nós temos é, durante a semana, então não dá pra ver todos os conteúdos mesmo, muitas vezes agente tem que selecionar aquilo que agente considera mais importante para o aluno. E a terceira dificuldade é realmente o material didático. Os livros eles tratam desse assunto de uma maneira muito superficial, então pra realidade da escola pública que muitas vezes agente tem só o livro didático, agente não tem um data show, é, nem outra forma né, só o livro mesmo e explicação então torna um pouco difícil agente abordar um tema desse com o aluno.”

Com relação às respostas dadas pelos professores E5 e E8, percebe-se que eles se queixam de não terem estudado a física moderna na graduação de uma forma que pudessem ter pré-requisitos dos conhecimentos científicos. Ademais, sentem falta de um material didático que possa direcioná-los a pesquisar o assunto e, assim, prepararem-se para o ensino desse assunto que é “tachado” como abstrato pelo professor E8. Já os entrevistados E4 e E6 acreditam que as dificuldades virão do entendimento e da aceitação dos alunos e, para se posicionar perante a esses problemas, o professor E4 destaca em sua resposta a falta de capacitações sobre o assunto abordado. Merece destaque a fala do professor E7 que afirma sua dificuldade relacionada ao ensino de física moderna.

E7 - “Adaptar os tópicos para facilitar o entendimento do aluno sem deixar a matéria massante, pesada demais, mostrar para ele todos aqueles tópicos sem tornar aquilo difícil pra ele.

Em relação ao terceiro questionamento, sobre passar primeiramente pela física clássica para depois se ensinar a moderna, cinco professores (E2, E3, E4, E6 e E8) responderam que há a necessidade de se estudar a física clássica antes da moderna. Assim, consideram importante o aluno ter um conhecimento prévio da física clássica ou, pelo menos, relembrar alguns conteúdos que julgam necessários para a introdução da física moderna. Os outros professores que responderam não, argumentam que existem outros meios, outros caminhos de se trabalhar a modernidade sem passar pela clássica, como expostos a seguir:

E5 - “Eu acredito que não, porque, é, existem outros meios, outros caminhos de você, é, trabalhar a modernidade a física moderna, os conceitos novos sem passar necessariamente pela física contemporânea, clássica.”

E7 - “Não. Dá pra passar pela física moderna e caso seja necessário abranger algum tópico ou outro da física clássica dentro daquela explicação, mas pode ser direto pra física moderna, tem como sim.”

E1 - “Não é necessário primeiro trabalhar com a física moderna pra depois você inserir a física, não a física clássica né pra depois trabalhar com a física moderna. Dá pra você trabalhar a física moderna tranquilamente. Os tópicos que são abordados, não vejo assim que tem primeiro que passar pela física clássica. São tranquilos e o aluno vai entender muito bem.

Percebe-se na opinião dos professores entrevistados, que, para inserir a física moderna no ensino médio, não se tem um roteiro a ser seguido. Esta inserção pode ser feita em um comentário dentro mesmo de uma explicação feita de um conteúdo da física clássica como, por exemplo, falar das forças de interação quando tiver explicando sobre o conceito de força; falar sobre o funcionamento do acelerador de partículas, assim como, suas detecções, quando se explica eletromagnetismo e assim sucessivamente.

No quarto questionamento que diz respeito a ensinar a física moderna deixando de dar ênfase em seu formalismo matemático, a maioria dos professores respondeu que sim. Cinco deles (E2, E5, E6, E7 e E8) vêm essa prática como uma forma de fixar os conceitos e aplicar ao que está acontecendo no mundo atual. Outros dois professores, E1 e E3, não souberam responder, um deles - E4 - argumenta falando de uma angústia que a maioria dos professores possui em relação ao desenvolvimento matemático. Para tanto, veja a resposta a seguir:

(E4) “Eu acredito que deixando seu formalismo matemático original você pode trabalhar com o aluno né um conteúdo que vai vivenciar tá, e não buscando esse

lado tão matemático e sim as questões mais teóricas, os alunos talvez desenvolveriam melhor pela grande dificuldade que eles possuem na matemática.

Finalizando o pré-teste, foi perguntado aos professores sobre capacitações, que são um dos objetivos deste trabalho. Perguntou-lhes, então, se um professor, que participa de capacitações, poderá inserir com segurança tópicos de física moderna no ensino médio. Todos os participantes da entrevista disseram que sim. Uma capacitação bem feita abre horizontes para que o professor possa procurar seus caminhos e transformar os conhecimentos em uma aula significativa e prazerosa. Dentre as respostas, vale a pena destacar algumas a seguir:

E1 - “Sim, claro. A capacitação vai sim ajudar bastante aquele professor que as vezes fica com receio de trabalhar o conteúdo de física moderna no ensino médio. Mas ajuda acho que muito.

E3 - “Acho que sim. Claro que, é, dentro de capacitações nós temos a capacidade de evidenciar o conteúdo e tornar ele uma, um conhecimento para nosso aluno e transmiti-lo de forma clara pra que ele consiga pelo menos entender os avanços tecnológicos que temos no mundo e que nós temos que é, vivenciar. Porque muitos é, conhecem ou já ouviram falar, mas poucos entendem o que acontece.”

E5 - “Ah! Eu acho que é isso que falta, é a capacitação. A partir do momento que você está sendo capacitado você vai se preparar para tal, né e aí você poderá trabalhar com segurança.”

E6 - “Sim, é preciso ter a capacitação. Hoje eu como professora posso falar que por não ter a física moderna no ensino médio, é preciso ter uma capacitação sim. Se for capacitado com certeza pode ser implantada a física moderna no ensino médio.”

E7 - “Com certeza, uma capacitação bem aproveitada pelo professor, vai dar pra ele as ferramentas necessárias pra implementar os tópicos de física moderna no ensino médio.”

De um modo geral, entende-se que todos os professores entrevistados possuem uma necessidade de apoio quando se trata de física moderna. Em seus relatos, revelam que em suas formações superiores, o conteúdo não foi estudado de uma forma que eles se sentissem seguros em trabalhar o conteúdo em sala de aula. Percebe-se também que os professores têm medo do novo, ou seja, tem um certo receio para com as mudanças.

4.1.2 Pós-teste: Entrevista final aplicada após a capacitação

A entrevista final, constituída por cinco questões, foi feita ao final da capacitação com os oito professores presentes. Esta foi elaborada para que o participante pudesse dar suas

sugestões relacionadas ao material aplicado. Nela há questionamentos que permitem analisar o resultado da aplicação do produto didático elaborado, se foi realmente válido e também a avaliação dos professores com relação ao tema de física moderna escolhido para se trabalhar no Ensino Médio.

O questionamento inicial tem como objetivo investigar se os professores, que participaram da capacitação, opinaram e avaliaram o material utilizado. A segunda pergunta diz respeito a sugestões para melhoria do produto didático. Já na terceira e quarta perguntas, o participante faz uma apreciação sobre a utilização do material em suas aulas do Ensino Médio e sobre o tema escolhido para essa capacitação. Finaliza-se a entrevista com a quinta questão que faz uma reflexão ao respondido no primeiro questionamento. Estas perguntas estão relacionadas no quadro 4.

Quadro 4 – Perguntas da entrevista após aplicação do produto

<p>Questão 1) O que você achou do material?</p> <p>Questão 2) Dê sugestões para melhorar o guia. Descreva.</p> <p>Questão 3) Dê sua apreciação sobre a sua utilização deste material nas salas de aula do ensino médio?</p> <p>Questão 4) Fale sobre o tema escolhido neste material para se trabalhar no ensino médio.</p> <p>Questão 5) E agora, depois de ter participado da capacitação, você acredita na possibilidade de inserção da física moderna nas aulas do ensino médio? Justifique.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3 Dados da entrevista após a capacitação: uma análise

Na primeira questão da entrevista, percebe-se que todos os professores relataram que o material ficou muito bom, interessante e com boa aplicabilidade. Destaca-se uma das respostas obtidas pelo professor E6:

E6 - “Eu achei o material interessante, é, fácil de ser trabalhado, fácil de ser entendido. Foi uma visualização clara, principalmente na parte da dinâmica da caixa, o texto está bem claro sobre o assunto, então foi um material bom.”

Ao analisar as respostas de todos os professores, compreende-se que eles absorveram a proposta do material, ou seja, viram que há possibilidades de se trabalhar a física moderna no ensino médio, chegando ao objetivo estipulado no início do trabalho, o que faz com que o resultado seja positivo em relação à capacitação, ou seja, à aplicação do produto.

Na segunda pergunta sobre as sugestões de melhoria do material, eles não opinaram. A participante E6 se destacou na resposta, pois percebe-se em sua fala que está disposta a aplicar o material junto a seus alunos, quando relata que, com o tempo de aplicação com seus alunos, ela acredita que surgirá sugestões para o produto didático.

Seguindo as perguntas dispostas no quadro 4, a terceira diz respeito à aplicação com os alunos em sala de aula. A maioria relatou que utilizaria o material com seus alunos, já que com esse estilo de aula despertaria um interesse neles principalmente em conhecer e até descobrir a existência das partículas aguçando a curiosidade deles. É o que afirma o professor E3. O entrevistado E5 destaca que trabalhando com o material elaborado traria o aluno para mais próximo da realidade e também facilitaria o trabalho dentro da sala de aula, conforme vê-se em:

E5 - “Esse material é interessante pra trabalhar no ensino médio, porque apesar de ser um material, além de ser um material muito atual, é um material que vai trazer o aluno pra mais próximo da realidade, facilitando o entendimento de alguns conceitos que até então são muito distantes do aluno. Então esse material eu acredito que vai facilitar o nosso trabalho dentro da sala de aula.”

No quarto questionamento, foi perguntado a respeito do tema de física moderna escolhido para se trabalhar no ensino médio. Diante das respostas obtidas, tem-se uma aprovação da maioria dos entrevistados. Este tema conquistou os participantes, pois estes viram que podem utilizar vários aspectos em suas aulas convencionais. Uma das respostas chamou a atenção, porque visa a uma interdisciplinaridade com a disciplina de química. Veja na resposta abaixo:

E5 - “O tema física de partículas, ele é interessante porque trabalha em conjunto com a química. Então quando você trabalha as partículas, você está envolvendo, na

verdade, é, assuntos que os alunos já trabalhava, já conhecia em partes quando ele estudava, é, os modelos atômicos em química, só que estudando dessa maneira, com esse material, eu acredito que ele vai ter um maior entendimento também na parte de química, vai fazer com que seu conhecimento seja mais amplo em relação aos assuntos abordados.”

Enfim, na última pergunta, foi pesquisado a respeito da capacitação. Questionou sobre depois de ter participado do desenrolar do trabalho, o professor acredita na possibilidade de inserir a física moderna em suas aulas. Como era o previsto, vários professores que, no início, estavam com um certo receio em trabalhar a física de partículas, acabaram por ceder e compreender que este tipo de conteúdo tem que ser trabalhado. Eles salientam que a modernidade, a tecnologia, o dia a dia de seus alunos, está repleta de partículas. Acreditam também que após uma capacitação, os professores adquirem um sentido, percebem onde encontrar materiais e, até mesmo, como dinamizar uma aula com esse assunto. Citam também em relação à importância em colocar os alunos a par do que está acontecendo no mundo, porque são dessas aulas que saem os grandes cientistas do futuro.

Os dados apresentados aqui representam um entusiasmo enorme dos professores. Eles estão dispostos a começar a inserção da física de partículas em suas aulas. Além disso, viram que o assunto era interessante para uma contextualização com o cotidiano e também com disciplinas afins, como, por exemplo, a química. Com esses recursos apresentados no trabalho, o professor terá oportunidade de preparar uma aula dinâmica e interessante, tendo como resultado a curiosidade dos alunos em saber mais e mais sobre as partículas e suas descobertas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresenta-se a seguir uma análise geral dos resultados obtidos comparando com os objetivos deste trabalho.

O objetivo geral dessa dissertação volta-se para a inserção da física de partículas no Ensino Médio. Quanto a ele, a capacitação realizada com os professores da referida etapa de ensino no município de Patos de Minas mostra que é possível a introdução do tópico de física moderna no Ensino Médio. A capacitação foi feita por meio de uma unidade de aprendizagem fundamentada em teorias educacionais, psicológicas e epistemológicas, e também de

transposições didáticas segundo Chevallard (1991), cuja estruturação feita e atividades realizadas são descritas a seguir.

Foi fundamental apresentar aos professores o texto inicial que se tratava do assunto que iria trabalhar, “Introdução a Física de Partículas”. Após a leitura reservou-se um tempo para fazer um levantamento de conhecimentos prévios dos participantes. Este momento foi de extrema importância e também muito enriquecedor, pois todos participaram ativamente do debate feito, demonstrando curiosidade e interesse sobre o tema.

Uma nova ferramenta para trabalhar a aprendizagem do aluno foi apresentada aos professores. O uso do texto histórico e, logo em seguida, dos simuladores apresentou uma nova face da física aos cursistas. A maioria deles já tinha visto falar nessa ferramenta, mas não a utilizava devido à falta de recurso nas escolas do estado. Outros já tinham trabalhado, mas não com o PHET. No momento em que se mostrava as ferramentas e suas funcionalidades, os participantes começaram a fazer perguntas e considerações importantes sobre a história da ciência. Para o autor-pesquisador, o trabalho com o texto histórico mostrou que é possível apresentar aos estudantes um novo olhar sobre a Física Moderna e, para isso, o livro de Maria Cristina Abdalla foi fundamental.

Quanto à construção dos mapas conceituais, percebeu-se que este proporcionou uma interação entre os professores e também com o dinamizador da capacitação; desde a elaboração dos mesmos, que provocou discussão sobre o tema entre os grupos, até a apresentação do mapa individual do grupo para os demais cursistas, o que proporcionou trocas de conhecimento muito significativas em um ambiente de aprendizagem.

Ao explicar o mapa do grupo, notava-se que a compreensão era maior do que aquela representada no mapa. Esse momento é de extrema importância, pois, segundo Ausubel (1982), os conceitos e linhas ligando conceitos num mapa conceitual não terão significado algum, a menos que sejam explicados pelo professor e que os estudantes tenham pelo menos, alguma familiaridade com a matéria de ensino.

A exposição dos mapas para os outros grupos foi fundamental, porque, assim, todos ficaram por dentro do tema desde o início de suas descobertas. No desenrolar dessa atividade, chamou a atenção o fato de que os professores se tornaram alunos e eles se comportaram como tal e perceberam que o aluno deve interagir com os professores falando, expondo suas opiniões e também apresentando o que aprendeu e desenvolveu.

Para Vygotsky (1988) a interação intra e intergrupos é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, pois

o sujeito não é apenas ativo, mas interativo, porque forma conhecimentos e se constitui a partir de relações intra e interpessoais. É na troca com outros sujeitos e consigo próprio que se vão internalizando conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência. Trata-se de um processo que caminha do plano social (relações interpessoais), para o plano individual interno (relações intrapessoais). (Vygotsky, 1988).

Foi o que se presenciou nas atividades desenvolvidas com a elaboração dos mapas conceituais, pois foram identificados sinais de aprendizagem significativa. A interação entre pares e entre professor-aluno também é evidenciado na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. Nessa interação, a conversa é caracterizada pelo raciocínio usado para analisar o pensamento e a perspectiva do outro, o que é essencial para o desenvolvimento das habilidades de raciocínio moral na idade escolar.

Com a exposição do documentário, percebe-se que os participantes levantaram questões para serem pesquisadas e discutidas com os alunos, tentando provocar a curiosidade deles. O filme é, portanto, um elemento provocativo da curiosidade do aluno, que pode levá-lo a querer saber mais sobre o tema narrado. No momento da capacitação, o dinamizador deixou claro para os participantes que não se tratava de uma substituição da atividade do professor, que deve estar sempre à frente da experiência de ensino, mas um complemento à atividade docente. Para finalizar o módulo didático com a aplicação da cruzadinha sobre o modelo padrão e seus constituintes, compreende-se a vontade dos participantes em verificar o que aprenderam. Esta atividade que é muito simples de se montar e também muito motivadora.

Nada disso seria possível se não tivesse escolhido um tema motivador e facilitador, que permite a realização de tantas atividades que instigam curiosidade e a aprendizagem dos alunos.

As Partículas Elementares: o tema estrutura da matéria é muitas vezes, parte integrante, dos cursos de Química. Os modelos atômicos são tratados numa perspectiva histórica e acabam não evidenciando a riqueza da pesquisa científica no início do século XX. Os alunos acabam terminando o ensino básico acreditando na existência de apenas três partículas elementares (elétron, próton e nêutron). Ampliação do entendimento da estrutura da matéria, de modo a dar destaque à temática “Partículas Elementares”, revela-se mais pertinente pois: responde a anseios dos mais primordiais da curiosidade humana, ao prospectar a constituição da matéria; favorece a construção de modelos sobre o mundo microscópico; permite

entender o processo de pesquisa contemporânea, desenvolvida em grandes laboratórios.

Alguns tópicos ligados a esse tema que poderiam se constituir em conteúdos curriculares enfocados seriam: Métodos de detecção de partícula; os tipos de decaimento e transformação de partículas; a anti-matéria; as famílias das partículas (bósons e férmions); Modelo padrão; e o quark. (PIETROCOLA, 2010, P.14)

A temática proporciona aos estudantes um olhar para o mundo atual, procurando conhecer o passado, desde a estrutura da matéria, a visão do presente e também uma perspectiva de futuro. Um tema que apresenta um conhecimento intenso e repleto de questionamentos ainda não resolvidos.

Esta dissertação não é um método final para que a aprendizagem aconteça. Ela é uma sugestão de capacitação que tem como intento contribuir com o ensino de física moderna assim como a inserção da mesma no Ensino Médio. Sabe-se que o processo ensino-aprendizagem é algo contínuo e que não tem um fim.

A escolha de um tema dentro dos vários existentes na física moderna foi pensando na motivação que ele provocaria nos alunos; além disso, um envolvimento dos discentes despertando curiosidades e atenção. A Física Moderna em si apresenta temas com esse potencial, mas a escolha feita veio de acordo com a atualidade, ou seja, com as novas tecnologias. É fundamental que a escola acompanhe as mudanças e as transmita para seus alunos. Para isso ser possível, é necessário primeiramente que o professor seja a ponte entre informações novas e alunos.

Essa seria uma mudança que poderia deixar o aluno mais próximo da física, já que os temas estão ligados diretamente com o cotidiano e as notícias atuais da sociedade. Cabe, então, aos professores discutirem sobre o que realmente é importante ensinar e ter prioridade sobre isso no currículo escolar de Física.

Com relação ao tema escolhido, pontua-se que é um assunto que deveria ser contemplado pelo currículo de Física no Ensino Médio, pois engloba várias dimensões da ciência e o conteúdo é apresentado de forma clara e de fácil entendimento. Ele é trabalhado de forma histórica, fazendo com que a aproximação do aluno com uma visão de mundo atual seja facilitada.

O estudo da física de partículas foi uma das áreas de maior desenvolvimento no último século, contribuindo para vários setores da sociedade se desenvolverem. Isso deve ser explorado e estudado nas escolas para que os jovens sejam formadores de opiniões e críticas, além de serem capazes de entender as questões que norteiam o mundo.

Para que isso aconteça, propõe-se, nesse trabalho, uma transposição didática, ou seja, uma sequência didática segundo Chevallard (1991). Acredita-se ser uma alternativa para que os alunos vejam a Física de uma outra maneira e não como uma disciplina que só resolve problemas matemáticos.

Foi pensando no professor e, conseqüentemente, no aluno, no processo educativo, que este trabalho foi realizado. Acredita-se que a inserção da Física Moderna no Ensino Médio seja fundamental para a melhoria do ensino de Física no país e que as partículas elementares façam parte como tema fundamental para o entendimento da ciência.

Segundo os professores participantes da capacitação, este é um tema muito relevante de se trabalhar, porém sem o treinamento de como manusear o material, não teriam como explorar o mundo das partículas.

6. REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares”, *Física na Escola*, v. 6, n. 1, 2005.
- ASTOLFI, Jean Pierre et al. *Mots-clés de la didactique des sciences*. Pratiques Pédagogies, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997
- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology, a cognitive view*. N. York: Holt, Rinhart & Winston, 1968
- BAQUERO, Ricardo. *Vygotsky e a aprendizagem escolar*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1998. 167p.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.
- BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. *Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?* Investigações em ensino de ciências. V10 (3) p.387-404, 2005.
- CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.
- D’AGOSTIN, Aline; GARCIA, Nilson Marcos Dias. *Física Moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio*. Mestrado em Educação. Ano 2008. Curitiba.
- FILGUEIRAS, C. A. (2004). Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*, (20); 38-44.
- GRAF. Física 1 – Mecânica – 7ed.4.reimpr. São Paulo, Edusp, 2012, 332p.
- GRIFFITHS, D. J. *Introduction to Elementary Particles*. New York: Wiley, 1987.
- FRITZCH, *Quarks: The Stuff of Matter* (Basic Books/Harper Collins Publishers, Nova Iorque, 1983).
- KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. (2003). *A contribuição da Física para um novo Ensino Médio*. Física na Escola, São Paulo, 4(2): 22-27.

LOCH, J.; GARCIA, N.M.D. Física Moderna e Contemporânea no planejamento dos professores de Física das Escolas Públicas do Estado do Paraná. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física. XVIII, 2009. Vitória. Atas.

MOREIRA, I. de C. 1997. Conferência Nobel de Thomson sobre a descoberta do elétron. Tradução e notas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 199(3): 299-307.

MOREIRA, M. A. *A física dos quarks e a epistemologia*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 29 (2):161-173, 2007.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982

MOREIRA, M. A.; PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C. (2011). Do átomo grego ao modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. V.22 n.6.

MOREIRA, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.

MOREIRA, M.A. A teoria da mediação de Vygotsky. In: MOREIRA, M.A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. p. 109-122.

MOREIRA, Marco Antonio. O Modelo Padrão da Física de Partículas. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2009, vol.31, n.1.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. *Model as Mediators: perspectives on natural and social science*. Cambridge University Press, New York, 1999.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. (2001). *Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 18(2): 135-151.

PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC-SEMTEC, 2002).

PEREIRA, Marta Maximo. LHC: o que é, para que serve e como funciona. *Física na Escola*, v. 12, n. 1, 2011.

PIETROCOLA, M. *Inovação Curricular e Gerenciamento de Riscos Didático-Pedagógicos: o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola média*. Faculdade de Educação – USP - São Paulo 2010. 50p.

SIAS, Denise Borges; SAMPAIO, Jalves; MÜTZENBERG, Luiz André e; MOREIRA, Marco Antônio. *Introdução a Física de Partículas*. Mestrado Profissionalizante em ensino de Física. Ano 2002.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. *A Transposição Didática Aplicada a Teoria Contemporânea: A Física de Partículas Elementares no Ensino Médio*. In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2006, Londrina. *Resumos...* Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2006. p. 10.

TERRAZAN, E. A. *Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média*, 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TIPLER, P.A. *Física Moderna*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981

VYGOTSKY, L.S., LURIA, A.R., LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. SP: Ícone. 1998.

APÊNDICE I

Como construir um mapa conceitual

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.

2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva. Algumas vezes é difícil identificar os conceitos mais gerais, mais inclusivos; nesse caso é útil analisar o contexto no qual os conceitos estão sendo considerados ou ter uma ideia da situação em que tais conceitos devem ser ordenados.

3. Se o mapa se refere, por exemplo, a um parágrafo de um texto, o número de conceitos fica limitado pelo próprio parágrafo. Se o mapa incorpora também o seu conhecimento sobre o assunto, além do contido no texto, conceitos mais específicos podem ser incluídos no mapa.

4. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse o significado da relação.

5. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação. No entanto, o uso de muitas setas acaba por transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.

6. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.

7. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.

8. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados. Nesse caso, é útil reconstruir o mapa.

9. Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa, outros modos de hierarquizar os conceitos. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda. Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.

10. Não se preocupe com “começo, meio e fim”, o mapa conceitual é estrutural, não sequencial. O mapa deve refletir a estrutura conceitual hierárquica do que está mapeado.

11. Compartilhe seu mapa com colegas e examine os mapas deles. Pergunte o que significam as relações, questione a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhe parecem importantes, a omissão de outros que você julga fundamentais. O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e “negociar” significados.

Fonte: MOREIRA, M.A. (2010). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora.

APÊNDICE II

QUESTIONÁRIO DE RECONHECIMENTO

1 – Qual sua formação acadêmica?

() Matemática () Física () Química () Outra – Qual? _____

2 – Qual sua titulação?

() Graduação () Pós-graduação *latu-sensu* () Mestrado () Doutorado

() Pós-doutorado () Outro – Qual? _____

3 – Qual a disciplina que você atua no ensino médio? Há quanto tempo? Você estudou física moderna em sua graduação? Ela lhe oferece suporte para aplicar este conteúdo em suas aulas?

4 – Com que frequência você já foi questionado em sala de aula sobre a física moderna em geral?

5 – E sobre as partículas elementares?

6 – Normalmente são os alunos de quais séries perguntam mais sobre física moderna?

7 – Antes de respondê-los, teve que buscar respostas em materiais de pesquisa? Se sim, onde buscou ajuda?

8 – Foi fácil encontrar algo que realmente lhe atendeu a sua necessidade de resposta?

9 – Depois de respondido o questionamento dos alunos, você percebeu que o interesse sobre o assunto foi maior, ou seja, surgiram novos questionamentos? Se sim, descreva como aconteceu.

10 – Você percebeu um aumento no interesse dos alunos com a disciplina física, após os esclarecimentos prestados? Se sim, cite pelo menos duas características apontadas pelos alunos.

11 – Se tivesse um material disponível para sua utilização sobre as partículas elementares, você usaria em seus planejamentos diários?

APÊNDICE III

ENTREVISTA FEITA ANTES DA APRESENTAÇÃO DO MATERIAL

Questão 1) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no Ensino Médio?

Questão 2) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio?

Questão 3) Você acredita que para ensinar física moderna é necessário passar primeiramente pela física clássica?

Questão 4) É possível ensinar física moderna deixando de lado seu formalismo matemático original?

Questão 5) Mediante uma capacitação, um professor poderá implementar com segurança tópicos de física moderna no ensino médio?

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MATERIAL

Questão 1) O que você achou do material?

Questão 2) Dê sua apreciação sobre a sua utilização deste material nas salas de aula do ensino médio?

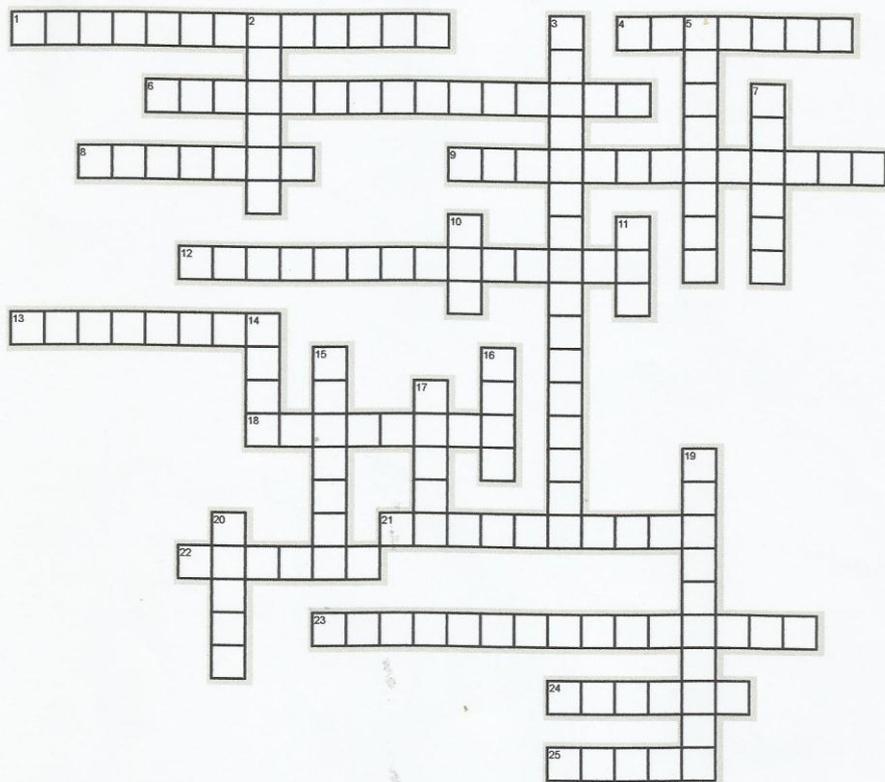
Questão 3) Dê sugestões para melhorar o guia. Descreva.

Questão 4) Fale sobre o tema escolhido neste material para se trabalhar no ensino médio.

Questão 5) E agora, depois de ter participado da capacitação, você acredita na possibilidade de inserção da física moderna nas aulas do ensino médio? Justifique.

APÊNDICE IV

MODELO PADRÃO E SEUS CONSTITUINTES



EclipseCrossword.com

MODELO PADRÃO E SEUS CONSTITUINTES

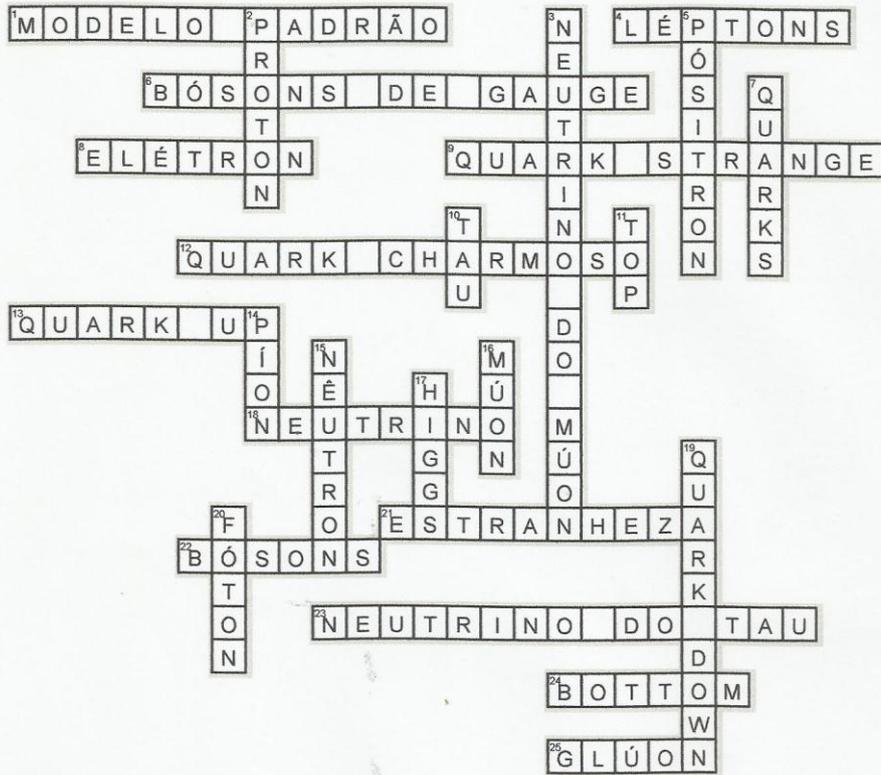
Across

1. organização histórica e cronológica das partículas elementares
4. partículas que não sentem as forças nucleares
6. Chamados também de bósons intermediários. São em número de quatro e dos quais estimou as massas.
8. Foi a primeira partícula a ser descoberta. Foi observado que ao passar por um campo magnético sua trajetória é curvada e ao passar por um campo elétrico, ganha aceleração.
9. É o terceiro quark mais leve, sendo mais pesado que o Quark up e o Quark down.
12. Foi postulado com anos de antecedência para explicar resultados de correntes neutras da interação fraca.
13. é um férmion de spin $1/2$ e número bariônico $1/3$. Ele pertence a primeira geração dos quarks com a carga de $+(2/3)e$, sendo o mais leve de todos os quarks.
18. Partícula leve, neutra e fracamente interagente com a matéria, para explicar a aparente falha da conservação de energia nas medidas do chamado decaimento beta.
21. É um número quântico como o spin. Foi introduzida para explicar os estranhos comportamentos de algumas partículas.
22. são entendidas como sendo resultado de alguma simetria fundamental da natureza.
23. Última partícula a ser descoberta. Após sua descoberta as simetrias clamavam por um acompanhante-neutrino.
24. Quinto quark a ser descoberto. Era bem maior do que qualquer partícula já descoberta.
25. Bóson mediador para intermediar a interação forte entre os quarks, ou seja, é uma espécie de cola elástica.
10. Lépton quase duas vezes maior do que o próton. Sua descoberta provocou uma verdadeira surpresa no meio científico.
11. Último quark a ser descoberto. Só existiu em condições naturais na época do Big-bang.
14. Partícula que medeia a força entre os núcleos.
15. Não é uma partícula elementar. Uma das partículas, junto com o próton, que formam os núcleos atômicos e sua massa é muito similar a massa do próton.
16. Muito parecido com o elétron e pode ser visto como um elétron crescido. Não é afetado pela força nuclear forte.
17. Última partícula elementar que faltava para completar o modelo padrão. É responsável pela geração das massas.
19. Um dos componentes fundamentais dos prótons e neutrons, sendo designado de nucleons por estarem nos núcleos atômicos.
20. é conhecido como quantum de luz. Não possui massa e é classificado como um bóson.

Down

2. Foi descoberto por Rutherford através do bombardeamento do nitrogênio por partículas alfa. Não é uma partícula elementar e não entra no modelo padrão.
3. Sua descoberta foi feita por três cientistas da universidade de Columbia utilizando o AGS - Alternating Gradient Synchrotron. Utilizou um feixe de prótons energéticos provenientes do AGS para produzir um chuveiro de mésons pi.
5. Constitui a antipartícula do elétron.
7. um dos dois elementos básicos que constituem a matéria e é a única, entre as partículas, que interage através de todas as quatro forças fundamentais.

MODELO PADRÃO E SEUS CONSTITUINTES

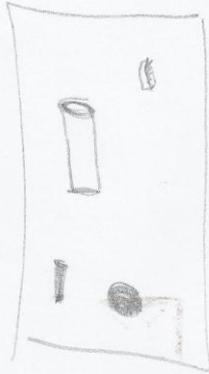


EclipseCrossword.com

APÊNDICE V

Caixa 1

- algo leve e rolipo
- algo + pesado em formato de cone
- algo metálico



Caixa 2

- algo pesado
- algo menor emais leve &
- + a peça menor é rolipo (bolinha)
- a peça maior é quadrada ou retangular
- aparentemente temos uma peça mais estreita e + leve
- aspero a peça maior

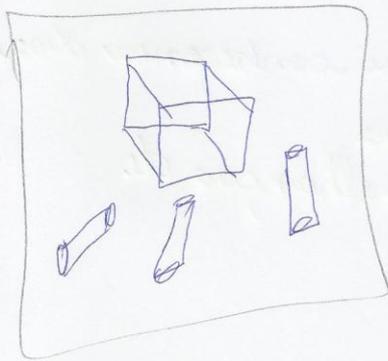


Mãe, pois era apenas a ideia relacionadas a características físicas como peso, formato que eu identifiquei

Prof. \perp caixa \perp

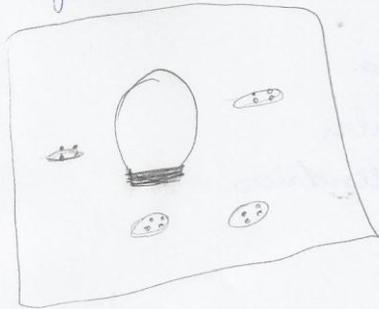
→

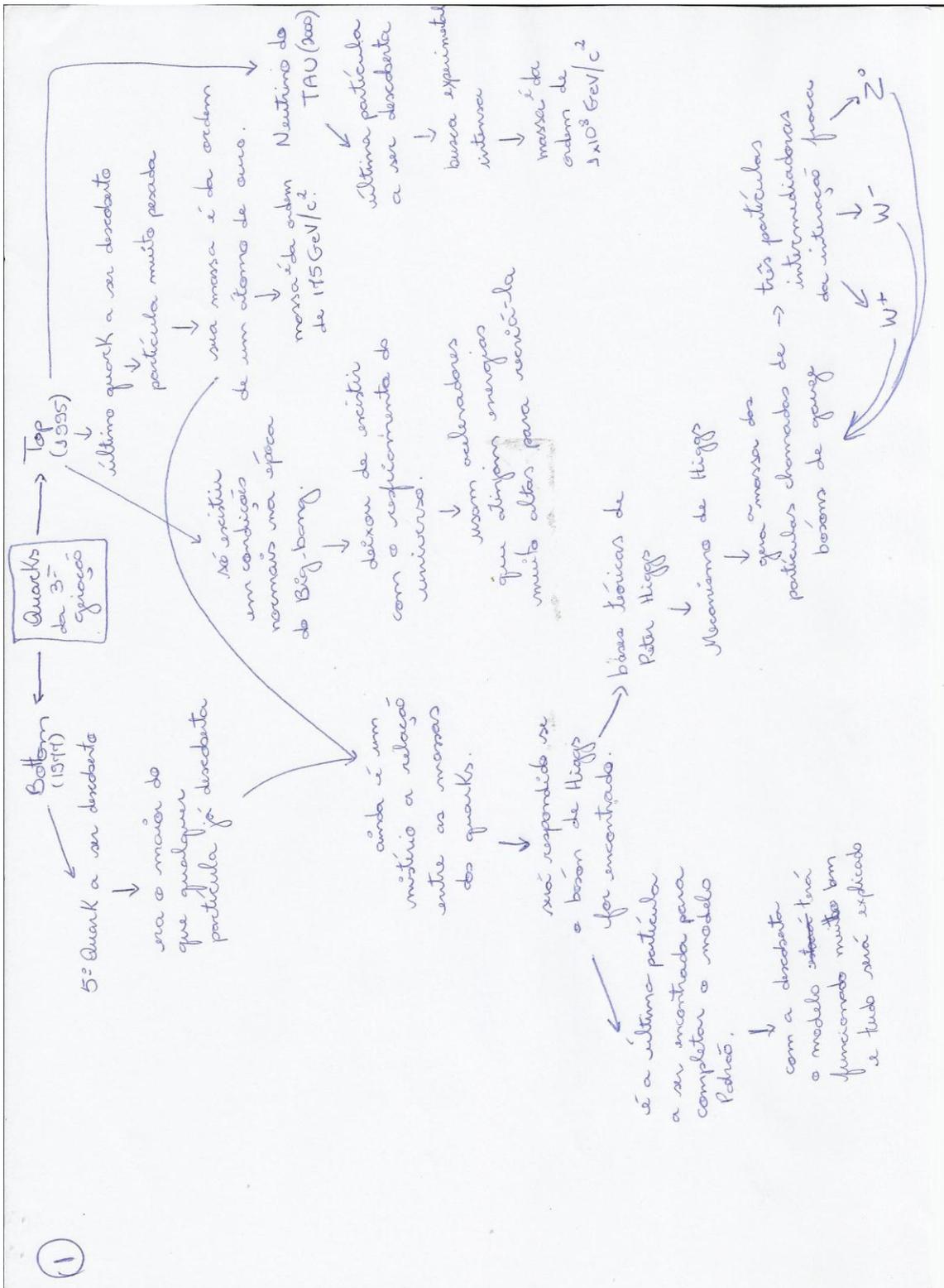
- \perp objeto grande em relação aos demais
- o objeto maior é também mais "pesado".
- o objeto maior se desloca
- possui vários objetos pequenos e mais leves
- os objetos leves circulam mais rapidamente em relação ao mais pesado.
- todos os objetos se colidem
- são feitos de materiais diferentes
- o objeto grande ^{não} tem forma circular
- o objetos mais leves parecem ser cilíndricos

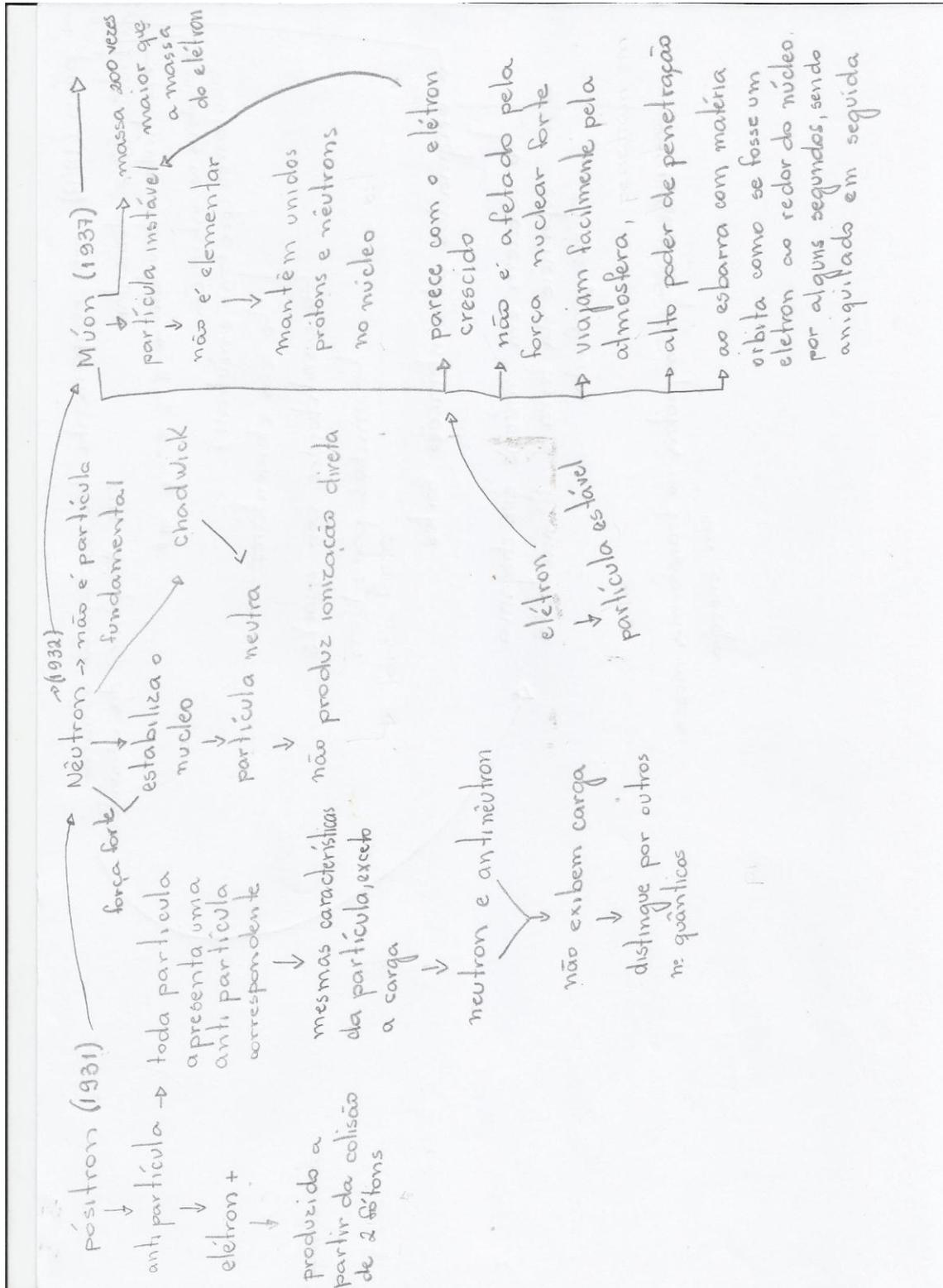


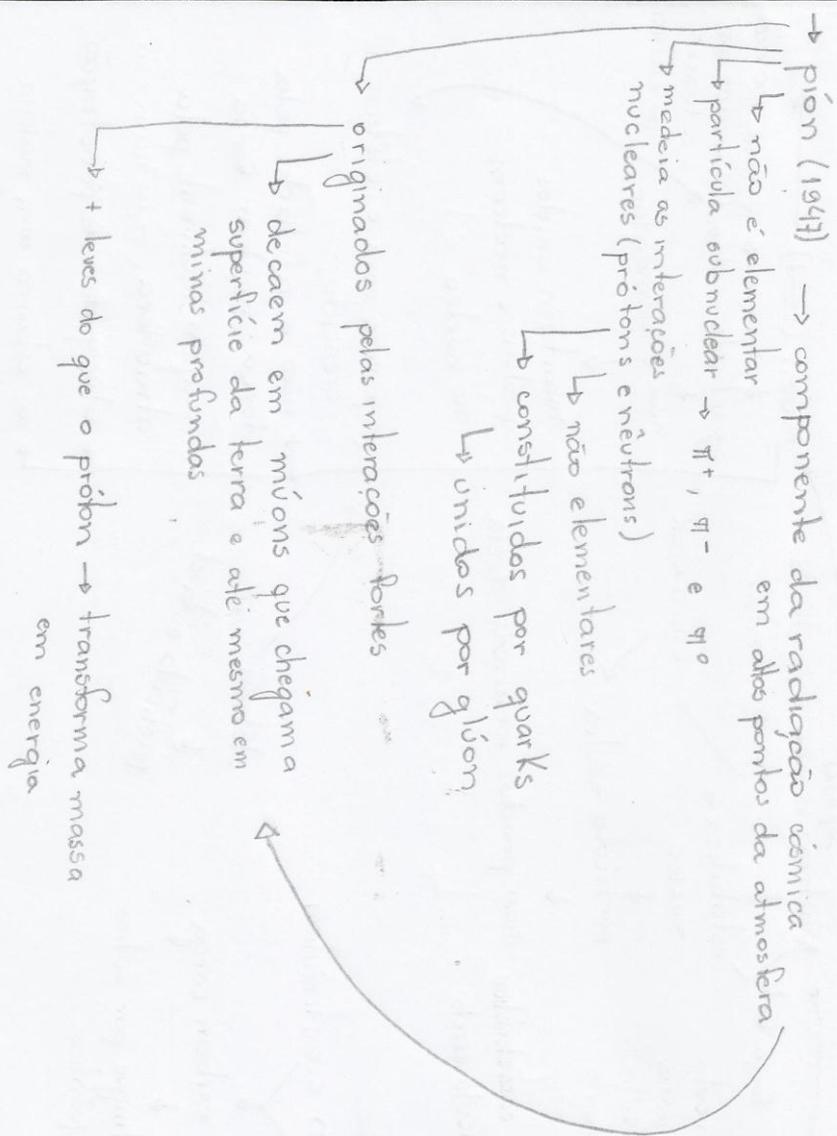
Caixa 2

- objeto bastante denso ("pesado") em relação ao um outro bastante leve.
- aparentemente forma circular, em determinadas ~~casas~~ áreas apresenta dificuldade em movimentar
- objeto bem leve de difícil movimentação
- objetos de tamanhos diferentes









APÊNDICE VI

CATEGORIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS SEGUNDO BARDIN (2011)

ANTES DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

- Barreira para uma reforma curricular em suas aulas.
- Falta de capacitação.
- Inserir física de partículas não possui roteiro.
- Ensinar a física moderna deixando de dar ênfase em seu formalismo matemático.
- Participações em capacitações.

APÓS A CAPACITAÇÃO

- Interessante e fácil de ser trabalhado.
- Material atual e que acredita-se facilitar o trabalho na sala de aula.
- Tema interdisciplinar.
- Conteúdo que coloca o aluno frente a frente com a modernidade.

APÊNDICE VII

MÓDULO DIDÁTICO DE APOIO AO PROFESSOR DO ENSINO MÉDIO

APRESENTAÇÃO

Este material tem como objetivo auxiliar o professor atuante ou o futuro professor de Física e Química na atualização do conhecimento na área de física de partículas, construído de forma que o usuário possa ter um caminho a seguir como apoio didático no processo ensino-aprendizagem sobre uma das partes que constituem a física moderna: a evolução das ideias da física de partículas.

O material proporcionará um modelo de planejamento para que seja utilizado nas aulas, com o intuito de levar até os alunos parte do que se vê na física moderna. Será um suporte para o professor, caso queira inserir assuntos da evolução das descobertas das partículas desde Dalton até o bóson de Higgs. O interessado encontrará no planejamento como abordar a física moderna dentro de suas aulas convencionais, aquelas propostas pela grade curricular.

Para a elaboração deste material, em primeiro momento selecionou-se o conteúdo evolução das descobertas da física de partículas. Ademais, utilizou-se o primeiro capítulo do livro do GRIFFITHS e também o livro de Maria Cristina Abdala intitulado O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES. Fez-se também o uso de simuladores computacionais que tratam desse assunto.

Ao planejar uma aula que trata de física moderna, percebeu-se a necessidade de os alunos saberem um pouco mais sobre as partículas elementares, ou seja, a curiosidade dos mesmos vai além do que está exposto nos livros que são utilizados em sala de aula. Sendo assim, com a utilização deste guia, o docente terá a oportunidade de discutir com sua turma a respeito da evolução das ideias da física, ou seja, das descobertas e também o que os cientistas utilizaram para descobrir mais sobre as partículas e sobre o surgimento do universo. Ressalta-se que esses são assuntos de nossa atualidade.

Neste material, encontram-se disponíveis indicações de simuladores computacionais gratuitos, exemplos de atividades, bem como a construção de mapas conceituais, cuja finalidade é analisar e ampliar a teoria a ser apresentada e estudada pelos alunos do Ensino Médio.

Foi criado, então, um guia para direcionar o interessado em sua pesquisa ou, até mesmo, para a utilização deste plano de aula em sua turma.

Sendo assim, a construção desse material visa ao desenvolvimento desse planejamento da melhor maneira possível, tornando o interessado um profissional atualizado com as novas descobertas e, dessa forma, contribuir para a melhor formação de nossos alunos.

COMO TRABALHAR COM O TEXTO

O que você sabe sobre partículas elementares?

É ideal sempre iniciar um novo conteúdo com um texto que introduza o tema a ser abordado, no caso “Introdução a Física de Partículas”. O texto torna-se uma fonte de informações para os alunos, ou seja, para que eles tenham uma visão geral sobre o assunto. Cabe, então, mostrar a importância de se conhecer uma partícula, de onde ela vem e as sequências de detecção de novas partículas, como, por exemplo, a peça chave do modelo padrão, o bóson de Higgs.

No decorrer do texto, encontrar-se-ão alguns termos que necessitam de explicação, principalmente para aqueles que não tiveram contato com o assunto. Um deles é “movimento browniano”, e o outro é “pósitron” que são explicados em nota de rodapé.

Dando sequência, peça para que seus alunos façam a leitura do texto abaixo. Dinamizando a aula, indique um aluno para dar início à leitura de um parágrafo. Explique que, ao término de cada parágrafo, o próprio aluno indicará outro colega para continuar a leitura. Sendo assim, todos terão um foco de acompanhamento da leitura que está sendo feita. Peça a eles que marquem no próprio texto palavras novas ou o que acharem interessantes. Ao término da leitura do texto, você professor deve fazer uma releitura, conforme orientações descritas após o texto.

“Introdução à Física de Partículas”

A palavra "partícula" está muito presente no nosso dia a dia e também no vocabulário da Física. Em virtude desse uso já consagrado, talvez fosse prático inventar um novo nome para o objeto de estudo dos "Físicos de Partículas", mas isto também traria muitas dificuldades, pois tal termo é muito usado por estes físicos, por isso vamos citar algumas

características que normalmente associamos às partículas, mas que não podem ser associados aos objetos de estudo dos Físicos de Partículas. Ainda no Ensino Fundamental Ihe ensinaram que partículas são corpos muito pequenos. Por corpo entendemos: “objeto sólido de forma definida que ocupa um lugar definido no espaço e que o lugar ocupado por um corpo não pode ser ocupado ao mesmo tempo por nenhum outro corpo”. Os objetos analisados em Física de Partículas não têm forma definida e não ocupam uma posição definida, podendo ocupar simultaneamente o mesmo espaço, portanto, nunca pense em uma partícula elementar como sendo um corpo muito, muitíssimo pequeno. Partícula elementar é um conceito que muda de uma área de pesquisa para outra. Para um Químico o átomo é uma partícula elementar, ele não precisa estudar a estrutura do átomo para saber quais reações químicas são possíveis.

No século XIX, alguns Físicos e Químicos acreditavam na existência do átomo, como sendo uma porção de matéria indivisível, outros consideravam esta ideia absurda, imaginavam que uma minúscula porção de um material poderia sempre ser dividida sem que mudasse suas propriedades químicas.

A explicação do movimento browniano² feita por Albert Einstein em 1905 foi importante para consolidar o conceito de átomo, naquela época, imaginado como sendo uma minúscula esfera com diâmetro de aproximadamente 1×10^{-10} m.

No ano de 1911 Ernest Rutherford realizou experimentos evidenciando que o átomo não é uma pequena esfera sólida e homogênea, mas que ele tem uma estrutura interna, um núcleo, com diâmetro 100.000 vezes menor que o diâmetro do átomo, ao redor do qual orbitam os elétrons. Assim, para a Física Atômica, as partículas elementares são os elétrons e o núcleo atômico.

Com este modelo, os Físicos puderam descrever a estrutura do átomo e compreender o porquê das reações químicas, mas para eles surgiu uma nova dúvida: como os prótons, todos com carga positiva, podem ficar juntos para formar um núcleo tão compacto? Becquerel descobriu a radioatividade em 1896, mas somente em 1928 Gamow, Gurney e Condon explicaram a radiação α como sendo a emissão de uma partícula com dois prótons e dois nêutrons.

Em 1932 o nêutron foi detectado por Chadwick, que realizou a primeira reação nuclear usando partículas aceleradas, por isso podemos considerar que 1932 foi o ano do início de

² Movimento aleatório de partículas microscópicas imersas em um fluido que provém dos choques das moléculas do fluido nessas partículas microscópicas, é muito importante, pois comprova a teoria corpuscular da matéria.

Física Nuclear (TIPLER, 1981, p.313). Esta não encara mais o núcleo como uma partícula elementar, ela está preocupada em descrever como prótons e nêutrons estão organizados no interior do núcleo. Para a Física Nuclear as partículas elementares são os núcleons (prótons e nêutrons). Considerando a detecção do pósitron³ e do nêutron em 1932, podemos dizer que no ano em que iniciou a Física Nuclear, somente quatro partículas elementares (elétron, próton, nêutron e pósitron) eram conhecidas.

A teoria de Paul Dirac já previa a existência do neutrino que foi detectado em 1956, mas neste intervalo de tempo muitas partículas foram descobertas (mésons, bárions e léptons ...). No início da década de 1960 um verdadeiro "zoo" de partículas era conhecido, principalmente hádrons. A teoria baseada na existência dos quarks que teve maior sucesso em organizar estas partículas foi proposto por Gell-Mann e Y. Ne'eman em 1961, (TIPLER, 1981, p.393). Os primeiros indícios de que os quarks poderiam ser observados durante o aniquilamento de elétrons e pósitrons surgiram em 1975, finalmente, em 1978, com a construção de aceleradores de partículas suficientemente poderosos os quarks puderam ser observados indiretamente. (FRITZCH, 1983, p190). A detecção dos quarks foi um marco importante na consolidação da teoria, mas há partículas como o gráviton e o bóson de Higgs, previstas pelo Modelo Padrão, que devem ser detectadas pelos físicos experimentais para que a teoria dos quarks permaneça como a melhor alternativa para explicar a microestrutura da matéria.

Fonte: SIAS, Denise Borges; SAMPAIO, Jalves; MÜTZENBERG, Luiz André e; MOREIRA, Marco Antônio. **Introdução a Física de Partículas.** Mestrado Profissionalizante em ensino de Física. 2002.

ORIENTAÇÕES

Levantamento de conhecimentos espontâneos e em sequência um debate

Uma sugestão é que pergunte a sua turma que ocorrências eles relacionam com o tema partículas elementares. Tal levantamento sempre apresentará variações de uma turma para outra, ou seja, aparecerão palavras que não apareceram em uma determinada turma e que foram essenciais para o entendimento dos alunos, logo devem ser apontadas como exemplos em outras apresentações. O professor, ao fazer o mesmo procedimento em outra classe e

³ Foi a quarta partícula elementar a ser descoberta e constitui a antipartícula do elétron. (ABDALLA, 2006).

obtiver respostas variadas, pode também estar complementar com algo que foi mencionado na(s) aula(s) já trabalhadas, enriquecendo os chamados conhecimentos prévios.

A teoria da aprendizagem de Ausubel (1982) propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que eles possam construir estruturas mentais utilizando, como meio, mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

O professor não pode ficar somente ouvindo seus alunos, ele deve também participar contribuindo com itens não falados pelos alunos e que servirão de caminhos para que se dê continuidade ao conteúdo a ser trabalhado.

Poderá surgir algo que, a princípio, não tenha relação com o assunto a ser discutido. Caso isto aconteça, sugere-se ao professor que pergunte ao autor da resposta qual a relação que ele fez entre as partículas elementares e o que ele falou. Muitas vezes, o aluno faz uma analogia com algo que, no meio em que ele vive, ocorre devida semelhança. Lembre-se sempre de preservar os conhecimentos prévios dos alunos.

Para se ter uma organização sobre os conteúdos das respostas dadas pelos alunos, pode-se fazer uma tabela em que constará tudo o que foi ressaltado durante as respostas ao questionamento. Este modelo foi utilizado pelo GREF (2012), para apresentação de conteúdos no livro didático.

Caso os alunos tenham dificuldade, o professor será responsável em fazer algumas perguntas, como as elencadas no quadro 5. Em sequência, pedir aos estudantes que registrem suas respostas em uma folha à parte para um posterior debate tomando como referência as respostas registradas.

QUADRO 5 – Exemplo de perguntas que podem ajudar os professores a identificar os conhecimentos prévios dos alunos

- O que você entende por matéria? E anti-matéria?
- Essa matéria que você pensou tem composição?
- O que é uma molécula?
- O que vocês entendem por átomo?
- Ele possui alguma composição? Se sim, quais as partículas que constituem o átomo?
- O que é uma partícula? Ela possui propriedades além de carga e massa?
- Existem outras partículas que não sejam próton, elétron e nêutron?

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Como essas partículas são identificadas? - Vocês já viram falar sobre o acelerador de partículas? |
|--|

TABELA 5 – Respostas obtidas em uma aula de ensino médio

Para que se tenha uma sequência na aula deve-se agrupar, ou seja, classificar as palavras que aparecerem como respostas; Sendo esta classificação uma estruturação para o desenvolvimento do curso, você pode utilizar a sugestão abaixo como sendo a montagem e desenvolvimento de sua aula:

- 1° - palavras relacionadas ao átomo;
- 2° - palavras relacionadas às partículas elementares;
- 3° - palavras relacionadas ao acelerador de partículas;
- 4° - palavras relacionadas ao bóson de Higgs;
- 5° - palavras relacionadas ao modelo padrão.

TABELA 6 – Ordem do desenrolar da aula

1°	2°	3°	4°	5°

É de grande importância que os próprios alunos participem desta classificação. Na maioria das vezes, surgem os questionamentos que a mesma palavra está presente em classificações diferentes, de forma que é papel do professor informá-los sobre isso, aproveitando para dar explicações que serão necessárias para entendimentos posteriores.

Feita esta classificação, pode-se, então, começar um debate sobre todas as palavras presentes na tabela visando a um apanhado geral sobre tudo o que virá a ser estudado no restante das aulas. Enfim, esta conversa inicial estabelece uma ligação entre o conhecimento espontâneo do aluno e os conceitos de partículas elementares, desde suas descobertas até o modelo padrão.

É importante ressaltar que durante o debate surgirão questionamentos que enriquecerão o desenrolar das aulas. Estes devem ser anotados para que, durante as outras aulas, sejam respondidos.

EXPLICAÇÃO DO MODELO ATÔMICO

Nesta parte do guia, você encontrará um resgate histórico sobre os modelos atômicos desde Leucipo e Demócrito até o modelo de hoje. Após a exposição do conteúdo abaixo, propõe-se uma atividade prática e o uso de um simulador. Objetivo de tal parte é conceituar o modelo científico bem como identificar a evolução dos modelos atômicos além de como habituarem-se às principais características dos modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e Schrodinger. Para o desenrolar da atividade, é necessário que todos tenham um conhecimento prévio das propriedades da matéria, tais como massa, volume, dentre outros.

Faz-se aqui um enfoque geral sobre um dos feitos científicos mais importantes de todos os tempos: o desenvolvimento do modelo atômico. Você encontrará em um primeiro momento, de forma sintetizada, as primitivas ideias e experimentos realizados. Estes com o objetivo de identificar os constituintes e a forma como eles se organizam na estruturação da matéria.

Vale a pena lembrar que as afirmações feitas sobre o modelo atômico não tem sido um trabalho fácil. Essa história foi iniciada a partir das primeiras propostas sobre a constituição da matéria. Desde então, muito se aprendeu a respeito do átomo, mas novas explicações são buscadas permanentemente, o que corrobora como esse assunto tem sido importante.

Para os estudiosos da Química, informações sobre a estrutura atômica são indispensáveis como instrumentos para a compreensão das propriedades das substâncias, dos mecanismos de reações e de vários fenômenos físicos relacionados às transformações da matéria.

Porém, a finalidade aqui é aprender muito mais. Livros, revistas e meios eletrônicos são meios utilizados para guardar os conhecimentos já desenvolvidos e, a partir deles, com atenção, com criatividade e com coparticipação poderá ampliar nosso saber e expandir-se, tornando-o útil para a sociedade.

Ao final desse momento histórico, terer-se-á feito uma revisão reflexiva sobre parte da história da criação do modelo atômico e você terá subsídios para discutir os temas apresentados, começando pelas primeiras ideias expostas por filósofos gregos até chegar ao átomo idealizado por Rutherford, Bohr e Schrodinger.

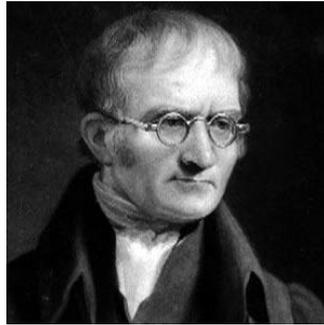
Contexto histórico – Evolução dos modelos atômicos

O ser humano sempre precisou de modelos como forma de representar e de entender o que antes era apenas uma ideia, ou seja, algo abstrato, sem forma e definição. Assim,

os modelos, segundo esse entendimento (MORGAN; MORRISON, 1999), caracterizam ideias fundamentais das teorias com o auxílio de conceitos com os quais os cientistas já estão familiarizados antes da elaboração das mesmas. Trata-se, portanto, de uma questão epistemológica, pois teorias científicas, compreendidas como criações humanas, pertencem à estrutura cognoscitiva própria da realidade humana, naturalmente limitada. Assim, o uso de 'aproximações' estabelece condições viáveis e facilitadoras para se chegar a determinadas explicações, de modo que diferentes aspectos do mundo possam ser estudados e compreendidos por meio dessas aproximações.

Um dos primeiros modelos atômicos da história surgiu em 1808, sendo que o responsável por ele foi o químico inglês John Dalton. Ele não enxergava bem e confundia algumas cores, por isso dedicou por muito tempo pesquisando sua doença, mas não chegou a grandes conclusões. Em compensação, popularizou o distúrbio da troca de cores, que, em sua homenagem, ficou conhecido como Daltonismo. (FILGUEIRAS, C. A. 2004).

FIGURA 2 – John Dalton

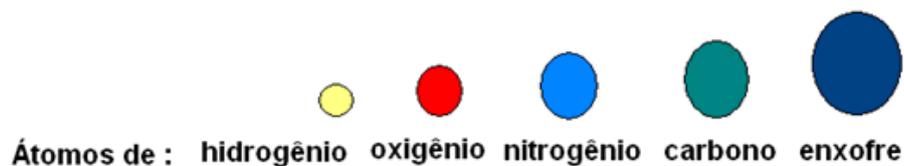


Disponível em: http://pioneros.puj.edu.co/biografias/edad_moderna/1750_1800/jhon_dalton.html

Antes de entrar no modelo atômico de Dalton, cabe entender a origem da palavra átomo. Por volta do século V a.c., os filósofos Demócrito e Leucipo formularam o conceito de que a matéria se desintegrava em unidades cada vez menores até chegar a menor unidade possível que não poderia mais se dividir. A essas partículas indivisíveis deram o nome de átomo. (FILGUEIRAS, C. A. 2004).

De acordo com o modelo criado por Dalton, o átomo era uma minúscula esfera maciça impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga. Para ele, os átomos de um determinado elemento são diferentes de outro elemento e o que os diferenciam são seus pesos relativos, ou seja, átomos de diferentes elementos possuem massas diferentes conhecidas hoje como pesos atômicos. Seu modelo ficou conhecido como bola de bilhar e, apesar de seu modelo ter limitações, foi um passo importante para a elaboração de outros. (FILGUEIRAS, C. A. 2004)

FIGURA 3 – elementos descritos por Dalton



Disponível em: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/teoria-atmica-john-dalton.html>

Em 1904, quase 100 anos depois, J.J. Thomson realizou uma experiência utilizando uma ampola feita de vidro ou quartzo chamada de ampola de crookes (conforme figura 5).

FIGURA 4 – J.J. Thomson



Disponível em: <http://kids.britannica.com/comptons/art-163638/Joseph-J-Thomson>

Dentro da ampola, faz-se o vácuo: ela contém duas placas metálicas ligadas a uma fonte de tensão elétrica. A placa ligada ao polo negativo é chamada de catodo e a outra, ligada ao polo positivo, é o anodo. Quando a tensão entre o catodo e o anodo fica elevada, surge um feixe luminoso que sai do catodo e atravessa o tubo. São os "raios catódicos" (MOREIRA, I. de C.1997).

FIGURA 5 – Ampola de Crookes



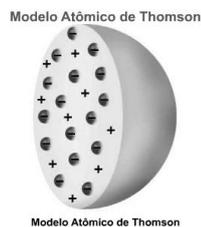
Disponível em: <http://www.coladaweb.com/quimica/quimica-geral/ampola-de-crookes>

Thomson fez medições interferindo na trajetória dos raios através de campos elétricos e magnéticos controlados. Através dessas medições, concluiu que os raios catódicos eram, na verdade, feixes de partículas carregadas negativamente e que possuíam massa, isto é, eram corpusculares. Chegou à conclusão também de que essas partículas negativas seriam

constituintes de qualquer átomo, posteriormente, esses corpúsculos receberam o nome de elétrons.

Thomson sugeriu seu modelo para o átomo, (conforme figura 6) o qual consistia em uma maneira simples de se explicar os raios catódicos e os processos de eletrização e ionização da matéria. Deu-se o nome de pudim de passas, para o qual a massa do pudim é esférica com cargas positivas e as passas as cargas negativas. (MOREIRA, I. de C. 1997 e GRIFFITHS, 1987).

FIGURA 6 – Modelo atômico de Thomson



Disponível em: <http://nossomeioporinteiro.files.wordpress.com/2012/02/untitled-47.jpg>

Rutherford, por sua vez, analisava o modelo atômico de Thomson e se perguntava se a matéria era densa ou cheia de espaços vazios.

FIGURA 7 - Rutherford

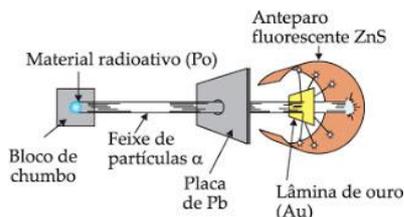


Disponível em: <http://katiaroma.blogspot.com.br/2013/02/quem-foi-rutherford.html>

Em vista deste questionamento, logo, ele propôs um desafio aos seus dois melhores alunos Hans Geiger e Ernest Marsden. Os discípulos deveriam bombardear uma finíssima

lâmina de ouro com partículas alfa de carga positiva emitidas pelo elemento químico Polônio (Po) e depois medir o espalhamento dessas partículas.

FIGURA 8 – Experimento de Rutherford



Disponível em: <http://katiaroma.blogspot.com.br/2013/02/quem-foi-rutherford.html>

Rutherford, a partir do experimento ilustrado na figura 8, notou que a maioria das partículas alfa atravessava a lâmina de ouro sem sofrer desvios e outras poucas sofreram grandes desvios. Sendo assim, ele verificou que o átomo possuía espaços vazios, ou seja, ele não era maciço como dizia Thomson e Dalton. Concluiu também que deveria haver uma parte do átomo com carga positiva (que recebeu, por Rutherford, o nome de próton), visto que poucas partículas com carga positiva sofreram grandes desvios, sendo este local o núcleo do átomo. Seu modelo teve o nome de planetário, pois os elétrons ficam dispostos na eletrosfera orbitando em volta do núcleo. (GRIFFITHS, 1987).

O modelo atômico foi sendo aprimorado em intervalos de tempos em tempos cada vez menores. Em 1909, surge Niels Bohr. Ele, ao investigar as propriedades físicas dos metais, encontrou uma série de inconsistências no modelo atômico de Thomson.

FIGURA 9 – Niels Bohr



Disponível em: <http://www.sciography.com/niels-bohr.htm>

Em 1913, Bohr publica um trabalho que complementava o modelo atômico de Rutherford, começando a questionar a principal fragilidade do modelo planetário: a

instabilidade do elétron. Segundo Rutherford, o elétron em órbita irradiava e perdia energia; sendo assim, a trajetória do elétron seria uma espiral suicida em direção ao núcleo. Bohr suspeitava que ocorresse algo diferente com os elétrons. Como ele conhecia os trabalhos de Max Planck e Albert Einstein e sabia que, no mundo das partículas subatômicas, reinava o comportamento quântico, isto é, um mundo microscópico que poderia se comportar de outra maneira, ele chegou a sua conclusão sobre a estabilidade dos elétrons (GRIFFITHS, 1987).

Planck propôs que a matéria não emitia radiação de modo contínuo, mas que ela liberava discretos feixes de energia chamados de quantum. Logo, Bohr pensou que os elétrons ao redor do núcleo possuíam menos energia que os elétrons mais afastados. Isso devido à atração ser maior naquele que está mais próximo do núcleo. Desse modo, Bohr chegou à conclusão de que deveriam existir camadas ou níveis de energia.

O modelo atômico moderno tem como base a mecânica quântica. Schrodinger deu sua contribuição publicando um trabalho sobre a equação de onda de matéria – equação de Schrodinger. Para entendermos melhor, a equação de Schrodinger está para a mecânica quântica do mundo microscópico assim como as equações de Newton e Maxwell estão para a física clássica e o mundo macroscópico. A equação de onda é aplicada com sucesso na explicação de todos os experimentos que não envolvem condições relativistas, isto é, velocidades próximas à da luz (MOREIRA, M. A.; PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C. 2011).

Proposta de atividades práticas

Objetivos:

- conceituar e compreender os modelos teóricos;
- identificar a evolução dos modelos atômicos;
- identificar as principais características dos modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e Schrodinger.
- entender as limitações apresentadas pelos modelos.

Justificativas:

- o tema física de partículas é atual e os alunos sentem a necessidade de saber algo sobre elas;
- a atividade é de fácil manuseio, visto que se utilizam apenas materiais do cotidiano;

- o simulador explica como Rutherford descobriu a estrutura do núcleo atômico sem poder enxergar o átomo.
- simula o famoso experimento em que ele desmentiu o modelo do átomo de pudim de passas, observando partículas alfa jogadas contra átomos e determinando que eles deveriam ter um núcleo pequeno.

Sugestão de materiais a serem utilizados:

- balas (para quando abrir a caixa, servir de premiação para quem aproximar mais do que estava dentro)
- objetos maciços
- objetos que rolam
- objetos que façam barulho

Orientações para o experimento

Nesta atividade, faz-se o uso de um conjunto de três objetos dentro de uma caixa de papelão. Esta pode ser de sapatos ou algo semelhante desde que seja de fácil manuseio, devendo estar bem embrulhada de maneira que não veja o seu interior. Os objetos, por sua vez, devem ser reconhecidos apenas pelo dinamizador da aula.

Para o bom andamento da capacitação, faz-se necessário uma divisão da turma em grupos de, no máximo, cinco alunos. O professor, nesse momento, faz a apresentação das caixas já com os objetos dentro para seus cursistas, explicando-lhes que terão que tentar descobrir o que há dentro das caixas sem abri-las. Fazendo uma primeira análise, os alunos devem descrever no quadro abaixo algumas possíveis propriedades dos objetos contidos na caixa, como: dureza, textura da superfície, tipos de material, propriedades magnéticas, densidade, formas, tamanhos, dentre outros. Como exemplo, a primeira linha já foi preenchida.

Tabela 7: Descrição dos objetos

PROPRIEDADES DOS OBJETOS QUE SE ENCONTRAM DENTRO DAS CAIXAS			
Número da caixa	Objeto	Características que possibilitam identificar propriedades do objeto	Propriedades do objeto

1	1	Objeto pesado que rola.	Sólido, liso, esférico.
	2		
	3		
2	1		
	2		
	3		

Após a dinâmica da caixa, responda a questão proposta abaixo.

- Com base nas propriedades observadas, faça um desenho que melhor represente os objetos que você identificou em cada caixa.

- Depois de elaborado um modelo para os objetos de uma caixa, troque de caixa com o outro grupo e proceda à nova análise, até que sejam analisadas todas elas.

- Logo depois de observadas as caixas, fazer um debate sobre as conclusões de cada grupo a respeito dos objetos e pontuar aquilo que há em comum, confrontando os modelos propostos para os objetos de cada caixa. Discutir os critérios que levaram à sua elaboração. Nesse momento, o professor dinamizador auxilia no debate.

- Feito isso, o professor abrirá as caixas e cada grupo verá o que tinha dentro de cada uma.

Para finalizar a atividade, fazer uma pergunta e todos devem responder em uma folha a parte para ser compartilhado.

“Os modelos elaborados correspondem às características reais dos objetos”? Por quê?

É importante ressaltar neste momento que o desenho criado é um modelo que descreve o objeto que estava dentro da caixa, no caso, o modelo pode ou não se aproximar das reais características do objeto em questão. Mas o modelo científico, que é baseado em teorias e experimentos, aproxima-se muito do real, entretanto, não podemos dizer que ele é exatamente o objeto real.

(Experimento adaptado do portaldoprofessor.mec.gov.br)

Com este experimento citado acima, pode-se ter em mente um método bem simples para demonstrar o que, desde a antiguidade, os pesquisadores faziam em relação ao modelo atômico para adquirirem informações sem poder abri-lo, passavam anos coletando dados sobre ele. Vale lembrar que os desenhos atômicos que se tem hoje são traços apanhados através da formulação de modelos. Estes, por sua vez, são criações do homem e válidos durante um período até que se possa explicar um acontecimento, caso contrário vem a ser substituído por outro, que se baseiam em novas descobertas.

Portanto, há um experimento que aparenta como foi feito um dos primeiros modelos atômicos (Dalton) e com o uso do simulador a seguir percebe-se-á como esse primeiro modelo evoluiu até chegar ao modelo que temos hoje.

Orientações para o simulador

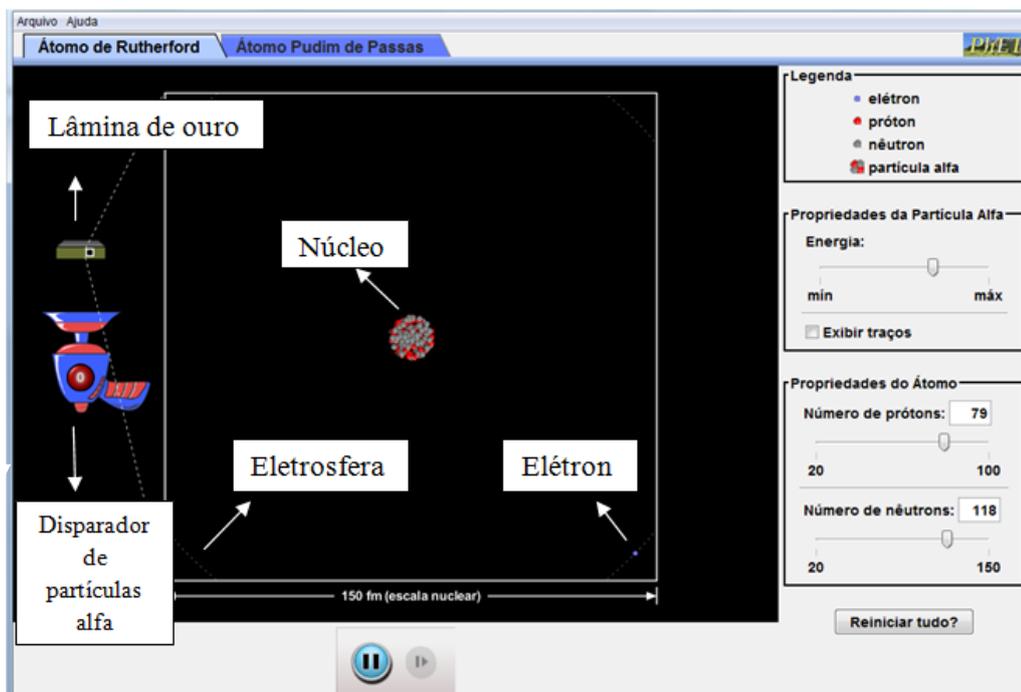
Outra alternativa é mostrar o modelo atômico de Thomson e Rutherford, utilizando simuladores gratuitos disponíveis na internet. Utilizar-se-á o *PhET* http://phet.colorado.edu/pt_BR/⁴. Pode-se fazer uma aula diferente utilizando, por exemplo, o aplicativo nos aparelhos celulares dos alunos ou, até mesmo, no laboratório de informática da escola, caso haja. Sendo assim, estariam utilizando um método diferente e interativo, não restringindo a aula explicações apenas em exposição oral, visto que os alunos cobram constantemente do professor uma aula em que haja interatividade.

O simulador do espalhamento de Rutherford é gratuito e se encontra disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering. Nele, é possível se fazer

⁴ *Simulações* baseadas na pesquisa de fenômenos da física, química, biologia, ciências da terra e matemática.

uma análise a nível atômico dos resultados obtidos com o experimento de Rutherford. Trata-se de um átomo de ouro sendo incidido por partículas alfa.

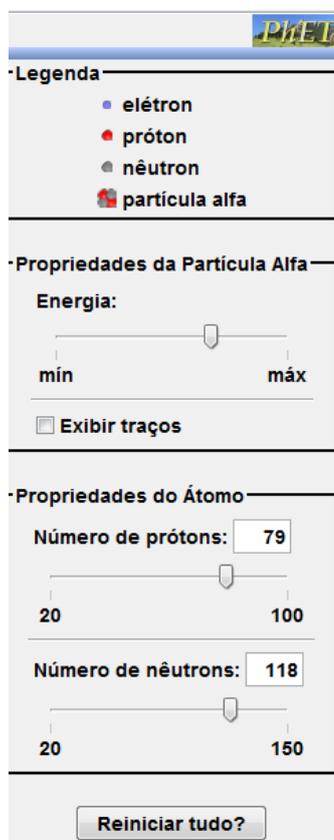
FIGURA 10 – Simulador – Espalhamento de Rutherford



Para um bom entendimento do conteúdo, é necessário que o professor tenha trabalhado com os alunos sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson.

Professor (a), este simulador possui duas abas. Uma contendo o átomo de Rutherford e outra com o átomo Pudim de Passas. Clicando na aba Átomo de Rutherford, tem-se ao centro da tela o núcleo atômico com prótons e nêutrons. Nos vértices do quadrado, encontra-se em tracejado a eletrosfera, esta contornando o núcleo, e o elétron orbitando a eletrosfera. Do lado esquerdo, tem-se o disparador de partículas alfa que com um clique acionará a emissão dessas partículas que vão em direção ao átomo. Acima do disparador, há um objeto amarelo que representa uma lâmina de ouro e, nesta, um pequeno quadrado que quando ampliado gera o quadrado da tela do simulador.

FIGURA 11 – Menu lateral direito do simulador



Neste comando, há as propriedades da partícula alfa e o controle de energia. Ele permite a variação da energia das partículas incidentes. Logo abaixo, temos uma opção de exibir traços, que mostra a trajetória de cada partícula emitida. Para as propriedades do átomo, tem-se o comando do número de prótons e nêutrons, o que permite variar o átomo a ser analisado. Por fim a tecla reiniciar tudo desfaz todas as alterações feitas durante a simulação e retorna à configuração padrão.

FIGURA 12 – Menu inferior do simulador



Nestes comandos tem-se o *Play* representado por um triângulo e o *Pause* representado por dois traços verticais. O primeiro só aparece quando o segundo é acionado e neste momento também é ativado o comando *Step* que é representado por um traço vertical e um

triângulo. Este permite a evolução mais lenta da simulação. O comando *Pause* permite uma análise mais detalhada do que está ocorrendo.

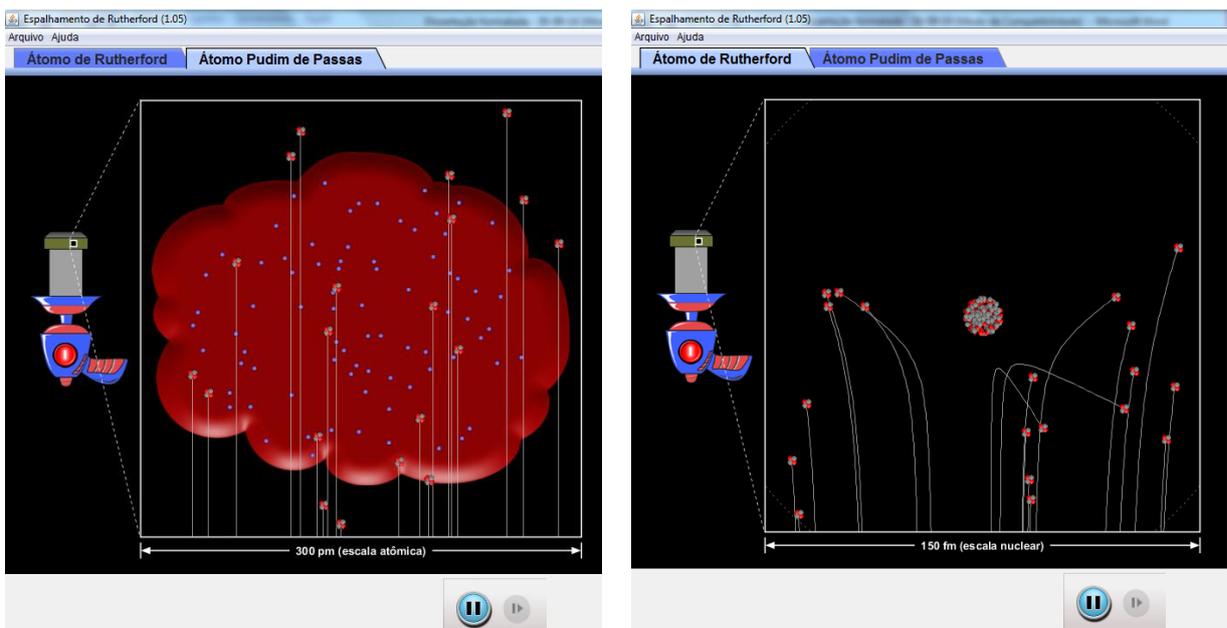
Neste simulador tem-se que ter cuidado para alguns pontos importantes. Ele traz o núcleo do átomo contendo prótons e nêutrons. Como se sabe até aquele momento os nêutrons não eram conhecidos e Rutherford se referia ao núcleo apenas como uma região de carga positiva. Ele tinha uma hipótese da existência dos nêutrons, mas essas partículas foram identificadas apenas 20 anos depois da realização deste experimento.

Pode ser trabalhada também a proporção entre o tamanho do núcleo e a distância núcleo-eletrosfera. Lembrar-se de informar os alunos que a simulação não está em escala e a distância representada é apenas simbólica.

A simulação permite ainda investigar e discutir se a variação do tamanho do núcleo atômico interfere nos desvios das partículas alfa, lembrando que alteração do número de nêutrons não afeta a trajetória das partículas.

Clicando na aba átomo Pudim de Passas, podem-se comparar os desvios causados nas partículas alfa com o modelo de Thomson e de Rutherford. Sendo assim explica-se porque este modelo foi substituído pelo modelo de Rutherford.

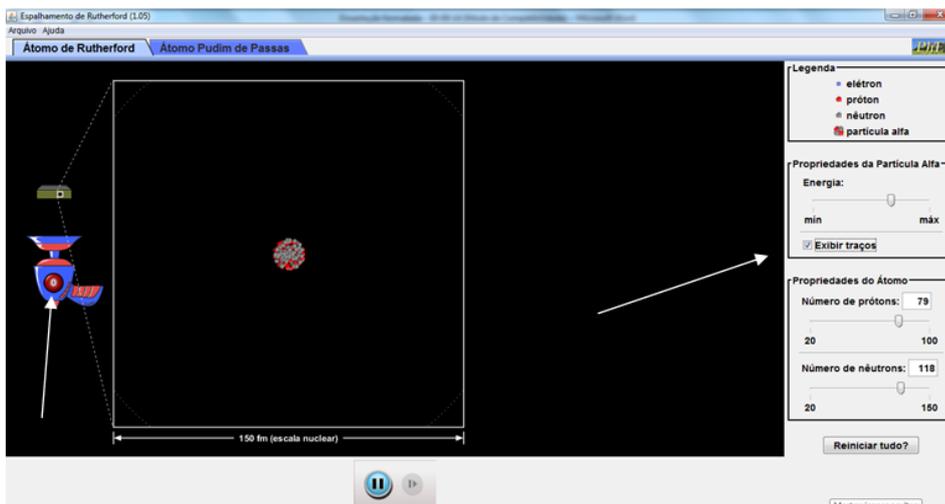
FIGURA 13 – Comparação entre os dois modelos – Thomson e Rutherford



Sugestão de atividade para os alunos utilizando o simulador

1 – Do lado direito marque a opção *Exibir traços* e clique no botão vermelho, situado à esquerda da tela, sobre o dispositivo de emissão de partículas alfa mostrada na figura 14 através de setas indicadoras.

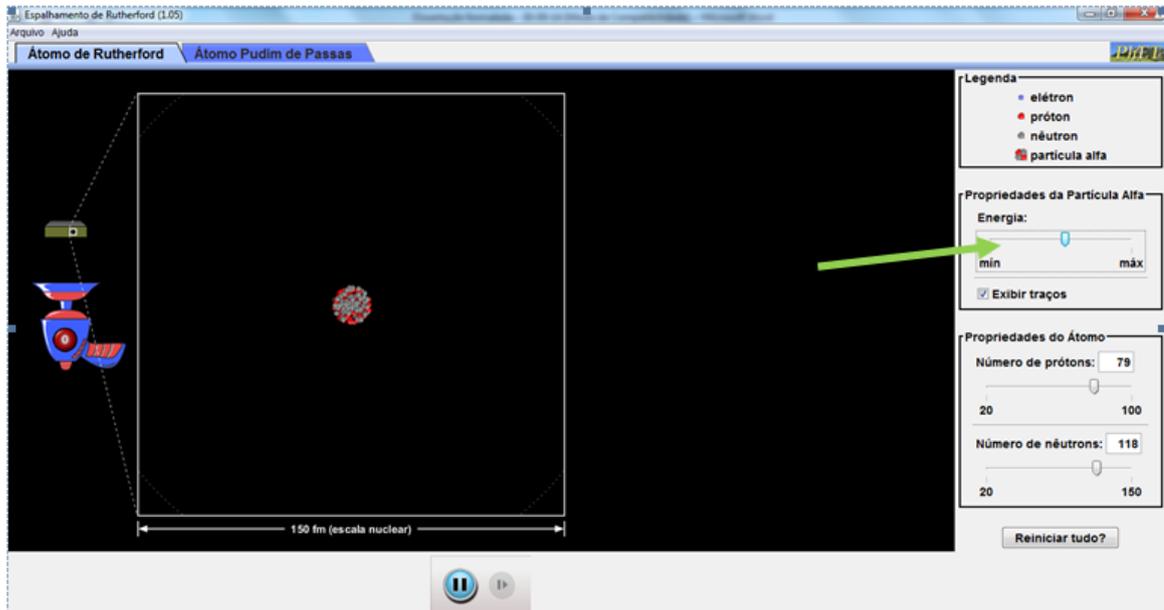
FIGURA 14 – Comandos a serem utilizados – exibir traços e emissão de partículas



Questão 1: Observe e anote o ocorrido. De acordo com o trabalhado sobre as características das partículas alfa, explique o que você observou na simulação.

2 – Do lado direito na parte das propriedades das partículas alfa (figura 15), deslize o marcador reduzindo a energia das partículas alfa. Anote o observado. Logo em seguida, faça o oposto, deslize o marcador aumentando a energia das partículas alfa. Anote o observado.

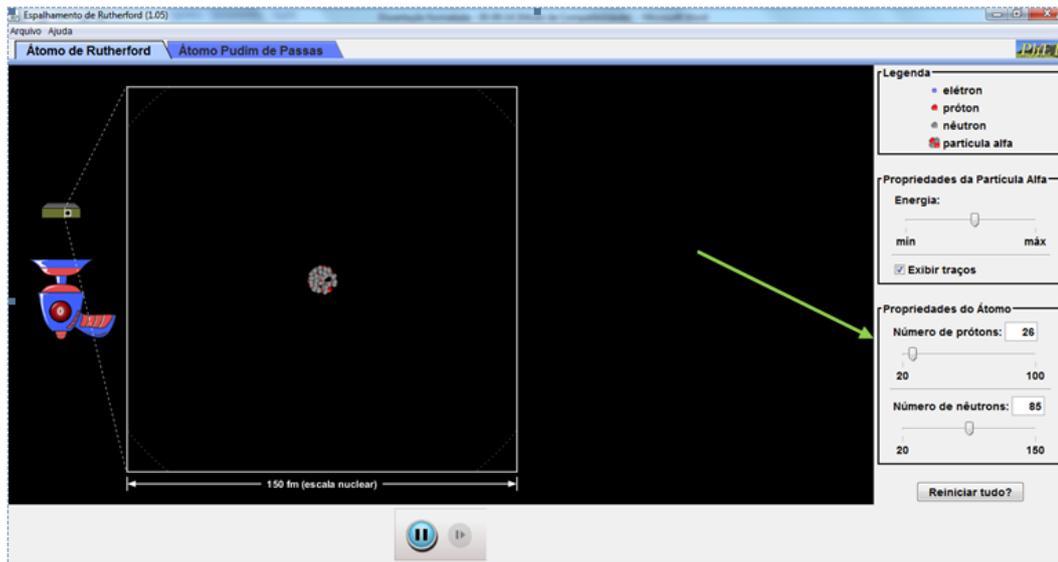
FIGURA 15 – comando propriedades das partículas alfa - energia



Questão 2: O que se pode destacar como principal característica quando se altera a energia das partículas alfa?

3 – Agora, far-se-á a simulação para outro átomo. Procure na tabela periódica dois elementos químicos cujo número de prótons seja baixo e outro alto. Após ter esses valores anotados, clique em *Reiniciar tudo?*. Mova os controles deslizantes *Número de prótons* e *Número de nêutrons* (figura 16) e faça os passos anteriores para esses novos átomos. Observe e anote o ocorrido.

FIGURA 16 – Comando propriedades do átomo

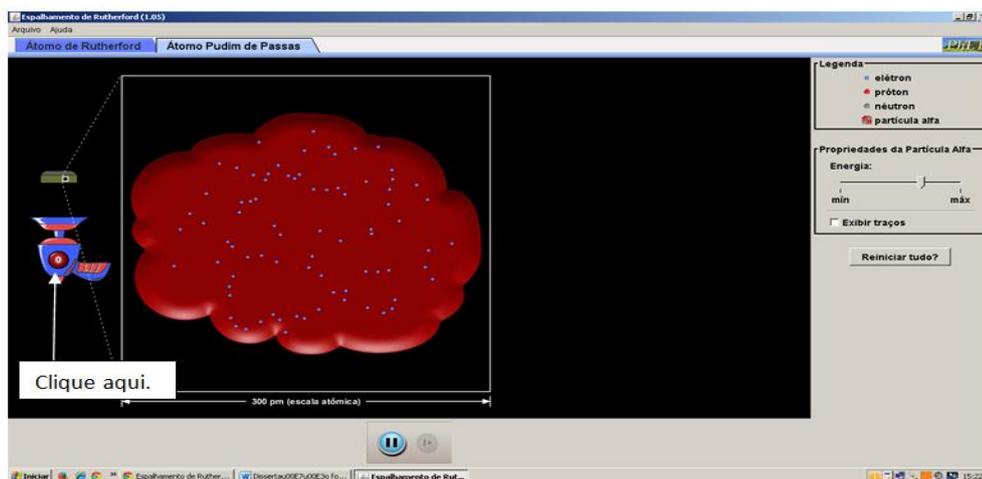


Questão 3: Fazendo as alterações no número de prótons e também no número de nêutrons, qual delas provocou mudança nas trajetórias das partículas alfa? Há como afirmar que tipo de carga essa partícula possui?

Questão 4: Com a mudança de átomos, as partículas alfa apresentaram comportamentos diferentes? Descreva o ocorrido.

5 - Clique na aba *Átomo Pudim de Passas*. Clique sobre o dispositivo disparador de partículas alfa (figura 17) e observe o que ocorre com elas.

FIGURA 17 – Átomo Pudim de Passas



Questão 5: Por que as partículas não se comportam semelhante ao testado anteriormente? Depois de todos os testes observados, o modelo atômico de Thomson é suficiente para explicar os resultados obtidos pelo modelo de Rutherford? Justifique argumentando com sua opinião.

Sugestão complementar : Átomo de Bohr e modelos do átomo de hidrogênio – modelo de Schrodinger – disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom

Introdução ao estudo das partículas elementares

Agora o guia faz o uso do livro O Discreto Charme das Partículas elementares como ferramenta norteadora de informações e fonte de leitura. A dinâmica dessa aula será feita com uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa, os mapas conceituais MOREIRA (2010).

A dinamização da aula inicia-se com uma divisão de grupos. Cada um com no máximo quatro (4) participantes. Todos os constituintes do grupo ficarão responsáveis por fazer a leitura e marcações de pontos que achar importante durante a leitura. Será entregue a todos os grupos pequenas apostilas para leitura que terão o conteúdo da descoberta de cada partícula segundo o livro citado acima de Maria Cristina Abdalla.

Os grupos serão divididos de forma que cada um fique responsável pelos descobrimentos:

GRUPO 1 – elétron, fóton, próton e neutrinos. (p.35 até 54)

GRUPO 2 – pósitron, nêutron, múon e pión. (p. 55 até 76)

GRUPO 3 – classificação, estranheza, neutrino do múon e quarks. (p.77 até 112)

GRUPO 4 – charme, bósons de gauge, glúons e tau. (p.113 até 130)

GRUPO 5 – Bottom, top, neutrino do tau, escala de massas e bóson de Higgs. (p.131 até 160)

Após a leitura, o grupo receberá um guia prático de como construir um mapa conceitual elaborado por MOREIRA (2010). Este se encontra no APÊNDICE I. Para construir um mapa organizado, pode ser utilizado um programa gratuito chamado CMAPTOOLS, disponível em <http://cmaptools.softonic.com.br/>. Utilizando os modelos citados acima, elabore o mapa conceitual das descobertas relacionadas ao seu grupo de acordo com o exemplo abaixo.

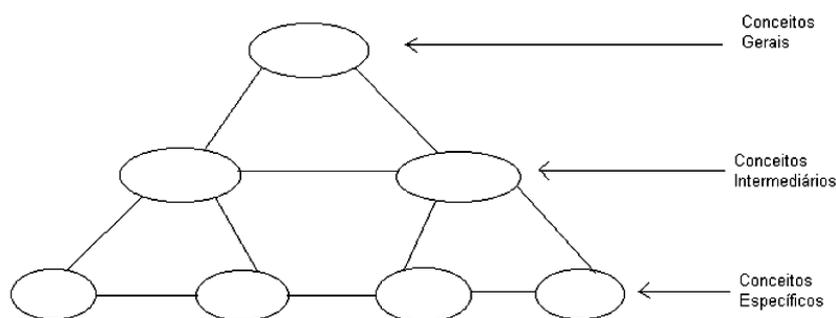


FIGURA 18 – Modelo para o mapeamento conceitual segundo a teoria da aprendizagem significativa.

Ao final da atividade proposta, o grupo escolherá um dos integrantes para expor o seu mapa para os outros alunos. Quando todos fizerem a apresentação, deve-se unir os mapas conceituais com a finalidade de montar uma estrutura de aprendizagem que facilite o entendimento sobre as descobertas das partículas elementares.

Como foram feitas as descobertas: ACELERADORES E DETECTORES

Enfim, onde se pode “ver” estas partículas?

Um dos lugares é o LHC – Large Hadron Collider que quer dizer grande colisor de Hadrons, que fica localizado em Genebra – Suíça no CERN – Centro Europeu de pesquisas nucleares. Colocam prótons se colidirem (Hadrons). Este projeto foi o que reuniu o maior esforço da humanidade desde os seus primórdios. Apanhando alguns projetos para se fazer a comparação há os Moás, muralha da China, o homem pisando na Lua e outros mais. Vê-se que a humanidade tem como necessidade colocar seu conhecimento em cada civilização. Se fizer uma comparação ao número de pessoas, dinheiro envolvido, número de nações, perceber-se-á que o LHC foi o que reuniu o maior esforço humano.

Este projeto é um anel de 27 km que se encontra a 100m abaixo do solo. Se fosse construído na superfície, teriam problemas com radiação vindas das partículas, teriam que desapropriar as casas, além de outros pontos. Logo foi construída em baixo para evitar riscos à sociedade.

Para um detalhamento do que é, como funciona e a finalidade de um acelerador de partículas, trabalha-se com um documentário de aproximadamente 40min, intitulado como The next big bang, que pode ser encontrado gratuitamente no link <http://www.youtube.com/watch?v=GlnSTEFOMj0> .

Neste documentário, existem respostas para algumas das perguntas mais ouvidas em sala de aula: “Qual a finalidade de se construir algo tão grande como o LHC? E por ser tão caro, o que a população mundial recebe em troca com esses experimentos realizados no CERN?”

Propõe-se, então, um questionário, logo abaixo, para ser respondido durante ou após a apresentação do documentário. A maioria das perguntas presentes nele é aquelas coletadas em sala de aula, ou seja, surgem em um momento da aula que nem se está esperando. Talvez os alunos ouçam ou até mesmo façam a leitura a respeito do assunto e levem para a sala de aula.

Questionário

- 1 – Qual a necessidade de se construir o LHC?
- 2 – Por que as colisões ocorrem a uma energia tão alta?
- 3 – Qual a propriedade do campo magnético presente no LHC? E do campo elétrico?
- 4 – Comentários dizem que os experimentos no CERN podem criar buracos negros. Caso isso aconteça, estamos correndo perigo?
- 5 – O que se entende por matéria negra ou escura?
- 6 – O que é o ATLAS? Com que ele é comparado?
- 7 – O que foi o ADA e o que descobriram com ele?
- 8 – Você já viu falar em projeto Manhattan? Este projeto pode ser comparado com o que acontece no CERN? Justifique.
- 9 - O que são: CMS, ALICE e LHCb?
- 10 – O que a população mundial recebe em troca com esses experimentos realizados no CERN?
- 11 – O Bóson de Higgs foi muito procurado. Com qual finalidade?
- 12 – A mecânica quântica também tem sua participação. O que ela descreve?
- 13 – Porque o LHC foi construído a cerca de 100m abaixo do solo?
- 14 – Como é do conhecimento de todos, o CERN abrem suas portas para visitas. Pode-se fazer uma visita quando a máquina está em funcionamento? Justifique.
- 15 – O que você entende por supersimétrica?
- 16 – Os pesquisadores do CERN sabem o que procuram?

Como apoio complementar, abaixo encontram-se dois textos. Um que explica como são feitas as colisões assim como o preparo para tal e também as detecções. O outro que mostra como são organizadas as partículas elementares.

Como são preparadas as partículas para se colidirem

Para tentar encontrar a tão esperada partícula mediadora, construíram um acelerador de partículas no CERN (Organização Européia de pesquisas nucleares), um dos maiores e mais respeitados centros de pesquisa em física do mundo na atualidade, o LHC (grande colisor de Hádrons), o maior e mais energético dos aceleradores já existentes no mundo.

As figuras abaixo demonstram como é feita a aceleração das partículas no LHC. Elas estão disponíveis no link http://youtu.be/ko_eDMhe5z8

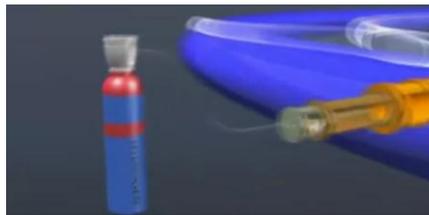


FIGURA 19 : injeção de gás hidrogênio

A injeção do hidrogênio (figura 19) marca o início do maior e mais potente acelerador do mundo terminando no grande colisor de Hádrons (LHC) do CERN. Os átomos de hidrogênio são introduzidos com uma taxa de controle perfeita dentro da câmara do acelerador linear – LINAC 2 (figura 20).

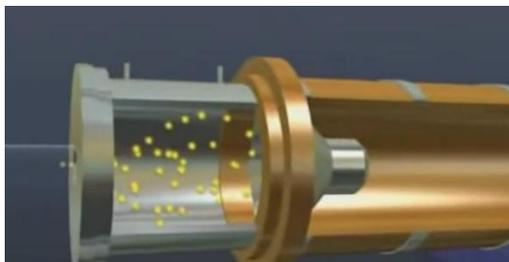


FIGURA 20 – LINAC 2

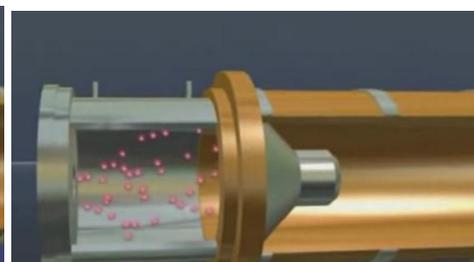


FIGURA 21 – Núcleos de hidrogênio

Neste lugar, os elétrons são retirados para deixar apenas os núcleos de hidrogênio (figura 21). Estes são os prótons com carga positiva que podem ser acelerados por um campo elétrico (figura 22).

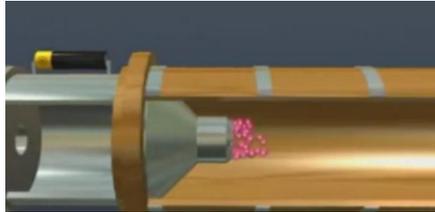


FIGURA 22 – Ação do campo elétrico

Para que essas partículas possam fazer parte das colisões de ultra-alta energia, similares àquelas que se seguiram ao Big-Bang, devem passar primeiramente no LINAC 2. Ao passar por ele, pode-se comparar este feito como sendo o primeiro estágio de um grande foguete. Segundo PEREIRA (2011),

Para acelerar as partículas antes da colisão, há no LHC aceleradores do tipo LINAC, que como seu nome indica, acelera as partículas de modo retilíneo, e também o PS (Proton Synchrotron), em português, Síncroton de prótons, que aumenta a velocidade de partículas subatômicas eletricamente carregadas ou íons de forma que descrevam uma trajetória circular ao serem aceleradas.

Quando o grupo de prótons sai do LINAC 2, eles estarão a um terço da velocidade da luz. Estarão prontos para entrar no Booster (figura 23), ou segundo estágio do foguete. Ele é composto por quatro anéis, para maximizar a intensidade do feixe, logo o grupo é dividido em quatro partes, um para cada anel. A aceleração linear neste ponto é impraticável, por isso o Booster é circular com 157 metros de circunferência.

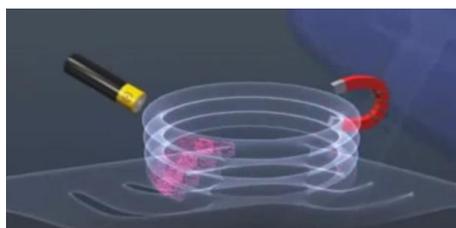


FIGURA 23 - Booster

Para acelerar os grupos, como eles circulam repetidamente, o campo elétrico passa a ser pulsante. Comparando a uma criança sendo empurrada num balanço cada vez que ela chega a um determinado ponto. Ímãs exercem uma força nos prótons que passam em ângulos retos à sua direção de movimento. Eletroímãs poderosos são usados para “dobrar” os feixes em volta dos círculos. O Booster acelera os prótons até 91,6% da velocidade da luz e comprime-os para que fiquem mais próximos um dos outros.

Recombinando os grupos dos quatro anéis eles passam para o Síncroton de prótons, o terceiro estágio do foguete (figura 24).

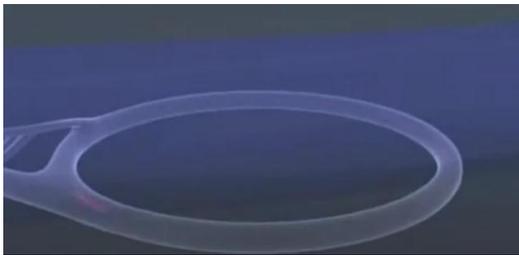


FIGURA 24 - Síncroton

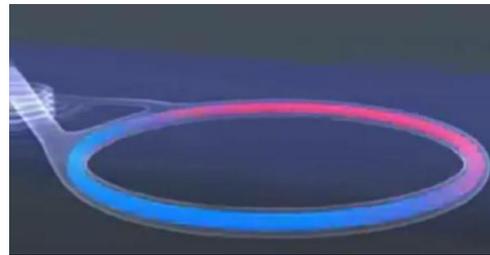


FIGURA 25 - Aumento de massa dos prótons

O Síncroton possui 628 metros de circunferência e os grupos circulam-no em 1,2 segundos, alcançando 99,9% da velocidade da luz. É nesse ponto que se chega à transição, em que a energia adicionada aos prótons pelo campo elétrico pulsante não pode se converter em aumento da velocidade, uma vez que eles praticamente alcançaram a velocidade da luz. Além disso, a energia adicionada se manifesta na forma de um aumento de massa dos prótons, ou seja, como eles não podem ficar mais velozes, eles ficam mais pesados (figura 25).

A energia cinética microscópica de cada próton é medida em unidades chamadas eletron-Volt (eV) – unidade mais usada para medir as energias das radiações – e, nesse momento, que ele se encontra no síncroton sua energia chega a 25Gev e estão 25 vezes mais pesados do que quando estavam em repouso.

Os grupos de prótons agora são canalizados ao quarto estágio, ao Super Síncroton de Prótons, SSP (figura 26). Um imenso anel de 7Km de circunferência projetado especificamente para aceitar prótons desta energia e elevá-los até 450 GeV.

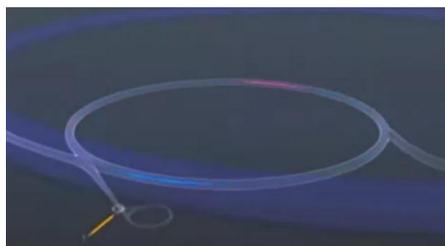


FIGURA 26 - Super Síncrotron de Prótons, SSP

Logo os grupos de prótons estarão energizados o suficiente para serem lançados na órbita do gigantesco colisor de Hádrons, LHC que fica entre os Alpes, as montanhas de Jura, a França e a Suíça. No fundo da terra com 27 Km de circunferência, existem dois tubos a vácuo no LHC, contendo feixe de prótons que viajam em direções opostas. Usa-se lançadores ultrassofisticados (figura 27) para sincronizar os grupos de prótons que chegam com aqueles que já se encontram circulando.



FIGURA 27 - Lançadores

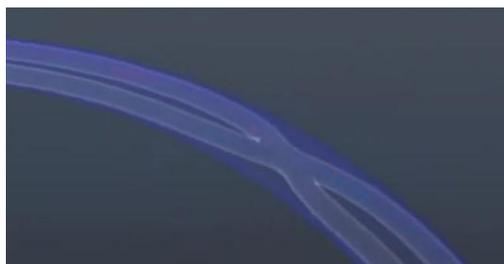


FIGURA 28 – Feixes que se cruzam para detecções

Um tubo a vácuo injeta prótons que vão circular no sentido horário e outro que injeta no sentido oposto. Os feixes se cruzam em quatro cavidades de detecção (figura 28) onde podem se colidir. A energia da colisão é o dobro da dos prótons individuais opostos. O detector faz as medidas a partir destas colisões. Por meia hora, o SSP injeta prótons e, por fim, existem 2808 grupos. Durante este tempo, o LHC adiciona mais energia a cada próton, cuja velocidade já está próxima à da luz, e os prótons dão a volta no anel de 27 Km mais de 11 mil vezes por segundo, obtendo a cada volta um acréscimo de energia do campo elétrico. Finalmente, cada próton adquire uma energia de 7 TeV e são 7 mil vezes mais pesados do que eram em repouso.

A força magnética para dobrar os feixes é tão imensa que 2000 ampères fluem para os eletroímãs. Isto só é obtido fazendo o LHC mais frio que o espaço para que seus ímãs tornem-

se supercondutores. Agora os prótons estão prontos para colidirem. Um ímã muda-os de direção para um curso de colisão (figura 29).

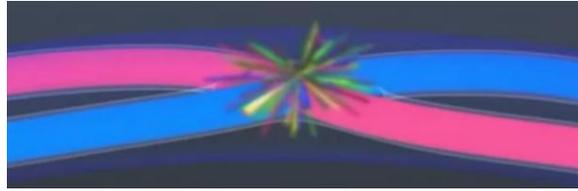


FIGURA 29 - Curso de colisão

A energia dos prótons colidindo no LHC é de 14 TeV e reproduz um estado similar a momentos depois ao Big-Bang. A trajetória das partículas nestas colisões serão analisadas por computadores conectados aos detectores (figura 30), e espera-se que essas trajetórias irão propiciar uma nova perspectiva para o nascimento do nosso universo, entendendo, assim, como ele evoluiu, o que o governa hoje e aonde vai ao futuro.



FIGURA 30 – Um dos detectores

Modelo Padrão e curiosidades sobre o bóson de higgs

Como as partículas são organizadas e também como interagem?

Segundo GORDON KANE (2003) citado por MOREIRA (2009), o Modelo Padrão é a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Nela são identificadas as partículas básicas e especificadas como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo, com exceção da gravidade, resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações.

No início do universo, tudo estava muito quente. Tudo estava acontecendo muito rápido. Em um menor período que se consegue perceber, na ordem de aproximadamente 10^{-43} segundos, a temperatura era em torno de 10^{32} K, enquanto a densidade, indescritível.

Nesse momento, existia apenas uma força, ou seja, todas as forças que são conhecidas hoje estavam unidas. Havia também somente um tipo de partícula elementar. No final deste instante, a Gravidade se separou dessa união. Aos 10^{-35} segundos, outra força deixa a união, a chamada força Nuclear Forte. Em consequência disso, ocorre uma enorme expansão. É o que podemos observar na Figura 31.

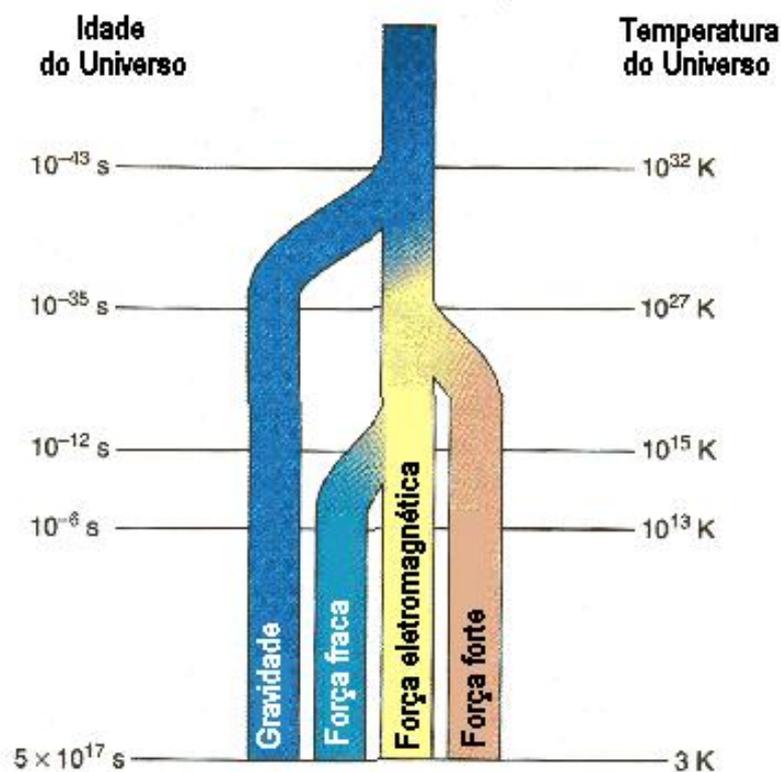


FIGURA 31: A temperatura do Universo decai rapidamente conforme se expande; concomitante a este fenômeno, se desenvolvem as quatro interações da natureza que se conhece atualmente (Forças Gravitacional, Fraca, Forte e Eletromagnética) – disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/univ/#bigbang>

Isso proporcionou ao universo um crescimento instantâneo. Desde um tamanho menor do que de um átomo até um enorme tamanho desconhecido. Esta expansão e imediato resfriamento, da ordem de 10^{27} K, permitiram a formação de seis tipos de diferentes quarks. São eles: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*.

Aos 10^{-12} segundos e a 10^{15} K, acontece mais uma separação. A Força fraca e o Eletromagnetismo também se separam. A partir daí, passa-se a ter as quatro forças independentes as quais se conhece hoje. Os leptons, por sua vez, já tinham se formado nesta época, inclusive o elétron. São eles: elétron, neutrino, múon, neutrino do múon, tau e o neutrino do tau.

Quando a temperatura já encontrava na ordem de 10^{13} K aos 10^{-6} segundos, os quarks up e down formaram os prótons e os nêutrons. Todos os quarks e léptons pesados já tinham decaído e toda a anti-matéria tinha desaparecido. No primeiro segundo de vida do universo, os prótons e os nêutrons já estavam a se unir com o objetivo de formar os núcleos atômicos mais leves.

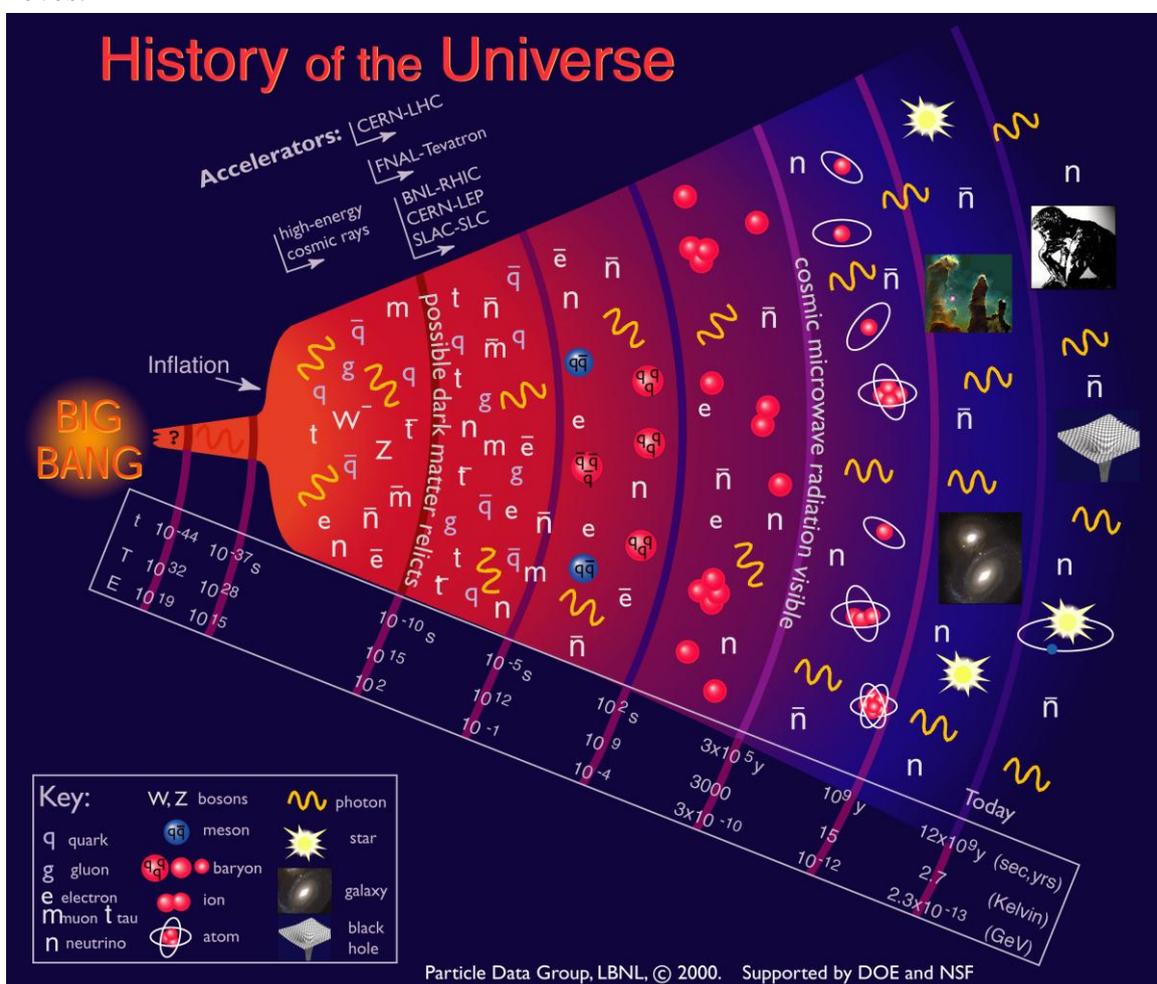


FIGURA 32: História do Universo
Disponível em: <http://www.nikhef.nl/~i93/Research.html>

Mas qual a diferença entre força e matéria? As matérias são as coisas que se pode agarrar com as mãos ou pelo menos visualizar. Força é algo que faz com que a matéria se

movam, reajam, realizem uma ação. Por exemplo, tem-se o ar que é matéria mesmo que não possamos ver.

Se pegar um objeto e começar a desfazê-lo até chegar aos seus constituintes básicos, ou seja, as partículas que o constituem, chega-se até seus átomos, aos prótons, aos nêutrons que é um pouco mais longe e finalmente às partículas elementares, os quarks e os elétrons. Se as mãos fossem pequenas o suficiente, poder-se-ia segurá-los.

Portanto, estas partículas passam no teste de matéria que se “pode agarrar” e são consideradas matéria. Mas a esta escala do imperceptível, as coisas ficam pouco nítidas. À medida que se especifica a matéria até às escalas menores, passa-se por níveis de estruturas que só são possíveis por existir forças que unem estas estruturas. Como o próton e o elétron atraem-se reciprocamente. Essa força de atração é que os mantém unidos no átomo.

Mas o que é a causa dessa atração? Como é que o elétron sabe que o próton está ali? E o que é que o faz aproximar-se do próton? Como é que o elétron sabe que não deve ser atraído pelo nêutron?

A resposta a estes questionamentos segundo Moreira (2009) é que, tanto o elétron como o próton enchem o espaço em seu redor com milhões de outras minúsculas partículas que possuem uma existência muito passageira. Como o nêutron é eletricamente neutro, ele não tem estas partículas. Elas aparecem muito rapidamente e desaparecem sendo substituídas por outras emitidas pela partícula de origem. A esta escala, a pequena quantidade de energia necessária à sua existência pode ser gerada do nada. Mas elas também têm que desaparecer num breve instante, pois a energia usada para a sua criação também só existe por um preciso instante.

Pode-se imaginar estas partículas virtuais como bolas amarradas às partículas de origem por elásticos que as devolvem à origem quando desaparecem. Se uma ou mais delas invadir o território de uma partícula virtual ligada a outra partícula de origem, elas podem ser entrelaçadas e trocadas. Esta troca é sentida pelas partículas de origem como uma força. Em outras palavras,

teoricamente, o vácuo é preenchido não só pelas partículas virtuais e pelos quatro campos fundamentais, mas também por um outro campo fundamental, chamado campo de Higgs e conseqüentemente por uma partícula mediadora que seria o bóson de Higgs. (MOREIRA, 2009)

Estes campos de partículas virtuais que rodeiam uma partícula de origem são criados com padrões muito específicos e preenchem o espaço em torno da partícula de uma forma bem definida. São chamados pelos cientistas de campos e as partículas virtuais são chamadas de transportadoras ou mediadoras da força.

Os cientistas conhecem quatro tipos de diferentes campos-força e todos eles funcionam com os mecanismos que se descreve. Duas destas forças são familiares, como, por exemplo, a gravidade e a força eletromagnética que atuam nas escalas a que no cotidiano já se estão habituados. Uma terceira força é a que mantém os quarks unidos nos prótons e nêutrons e um resto desta força faz com que os prótons e os nêutrons se mantenham unidos no núcleo dos átomos, a força Forte ou também chamada de força de cor. A quarta força é a que causa a radioatividade, a chamada força fraca.

As partículas que constituem estes campos e que são trocadas em cada força são os bósons mediadores. Cada uma das quatro forças possuem o seu próprio bóson mediador. Com algumas limitações, energia e massa podem ser criadas do vazio do espaço-tempo, mas só por um instante muito breve. Quanto mais energia e massa tiverem estas partículas virtuais, menor é o seu tempo de existência antes de regressarem à partícula de origem.

Os bósons mediadores mais leves podem existir durante mais tempo e assim podem se afastar mais da partícula de origem antes de regressarem a ela. Portanto, o alcance de uma força está diretamente relacionado com a massa do seu bóson mediador. O fóton é um bóson mediador da força eletromagnética e o gráviton seria o bóson mediador da gravidade. Elas não possuem massa e, portanto, o alcance destas duas forças é ilimitado, tanto que

segundo MOREIRA 2009, a interação eletromagnética explicava porque os elétrons ficavam ligados aos núcleos nos átomos. Mas isso não durou muito, pois para explicar a estabilidade do núcleo foi preciso postular uma nova interação fundamental, a interação forte, e para uma descrição do elétron que satisfizesse à teoria quântica e à teoria da relatividade foi necessário prever a existência de antipartículas.

A força forte é muito mais complexa. A propriedade responsável pela força entre os quarks tem três estados distintos. Não apenas dois, como os estados de carga positiva e negativa do eletromagnetismo. Usando uma analogia com as cores primárias, os três tipos de cargas da força forte são referidos como a cor carga e designam-se por vermelho, verde e azul.

Como a teoria das interações entre fótons e elétrons designa-se por eletrodinâmica quântica ou EDQ, o nome para a teoria das interações dos glúons e quarks passou a ser cromodinâmica quântica ou CDQ que tem a propriedade de cor. Vale a pena ressaltar que todas as partículas observadas são brancas, ou seja, a cor nunca é visível. Como o próton e os seus primos bariônicos (número total de bárions presentes em um sistema menos o número total de antibárions) – Moreira (2009) têm três quarks cada, as cores desses três quarks devem ser uma de cada que somadas dão branco.

Os mésons são sempre um par de quark e um antiquark. Eles contêm as cores vermelho e antivermelho, azul e antiazul, verde e antiverde, sendo que tais combinações resultam na cor branca. A força forte também tem o seu próprio bóson mediador, mas resulta no final em oito bósons, oito glúons diferentes que transportam a força de cor. Ao contrário dos outros transportadores de força, os glúons têm uma propriedade de cor. Sempre que dois quarks interagem e trocam um glúon, eles trocam de cor, Moreira (2009).

Por que os glúons se atraem? É possível haver grupos de glúons a que se chama de bolas de glúons, cujas interações que resultam da força fraca têm alcance muito curto. Só são efetivas a uma distância menor que a do diâmetro do próton e isto implica que as partículas mediadoras da força fraca chamadas de W e Z são muito pesadas. À distância suficientemente pequena e à energia realmente elevadas, as quatro forças não se distinguem porque as respectivas partículas força são também idênticas.

O modelo padrão da física combina a QCD com a QED e a teoria da força fraca. Postula a existência de seis quarks, seis léptons e doze bósons mediadores, bem como suas anti-partículas, mas só os quarks up e down, o elétron e o neutrino mais leve são comuns hoje.

No modelo padrão, todo o sistema de matéria e forças, com exceção da gravidade, está descrito por uma série de equações simples e organizado em torno de um princípio fundamental conhecido como simetria CPT que significa “reversão da carga” (substituição de todas as partículas por antipartículas), “inversão da polaridade” (é a reflexão especular ou inversão do espaço em relação a um ponto) e “reversão do tempo” (passar o filme da realidade de trás para gente), é o que afirma G.P. Collins citado por Moreira (2009).

STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES



FIGURA 33: Modelo Padrão atual

<http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-standard-model-elementary-particles-diagram-particle-physics-fundamental-make-up-matter-fundamental-force-carriers-image36590417>

Para finalizar esta unidade de aprendizagem, sugere-se uma atividade em forma de cruzada (APÊNDICE IV) relacionada com o modelo padrão e seus constituintes. Ressalta-se que a atividade foi elaborada com o auxílio do programa Eclipsecrossword, um aplicativo gratuito e disponível na internet para download.

Como sugestão de complemento de leitura, faça pesquisas sobre a nova descoberta, o bóson de Higgs. Tente encontrar respostas para a seguinte pergunta: Após a detecção do bóson de Higgs, foi necessário modificar o modelo padrão?