UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE FÍSICA

NELSON BARRELO JUNIOR

**PROMOVENDO A ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA DE
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA – UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA E AS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNOS**

SÃO PAULO
2015

NELSON BARRELO JUNIOR

**PROMOVENDO A ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA DE
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA – UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA E AS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNOS**

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Ensino de Física) da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

SÃO PAULO

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGráfICA

Catologação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.21
B271p

Barrelo Junior, Nelson

Promovendo a Argumentação em sala de aula de Física Moderna e Contemporânea - Uma Sequência e Ensino Investigativa e as Interações Professor-Aluno / Nelson Barrelo Junior; orientação Anna Maria Pessoa de Carvalho. São Paulo: s.n., 2015.

182 p.; anexos

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Área de Concentração: Ensino de Física - Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Física (Estudo e Ensino) 2. Física Moderna 3. Argumentação
4. Sala de Aula 5. Interação Professor - Aluno I. Carvalho, Anna Maria Pessoa de, orient.

NELSON BARRELO JUNIOR

PROMOVENDO A ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA – UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA E AS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNOS.

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Ensino de Física) da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências.

Aprovado em_____

Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho (FE – USP)

Profa. Dra. Deise Miranda Viana (IF- UFRJ)

Profa. Dra. Maria Lúcia Vital dos Santos Abib (FE – USP)

Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia (PPGE -UTFPR)

Prof. Dr. Paulo Cesar de Almeida Raboni (UNESP)

A Salete (*in memoriam*), mãe, amiga e incentivadora,
que, além da saudade, ensinou-me a superar desafios
e a crer nas infinitas possibilidades.

A minha avó, Inez, pelo amor incondicional e a
alegria de desfrutar sua companhia.

AGRADECIMENTOS

Durante todo o percurso deparei-me com pessoas que tornaram a tarefa mais simples, quando parecia improvável; alegres, quando havia dissabores; organizadas, quando em meu cérebro estavam todas desestruturadas. Faz-se mister agradecer a cada uma por suas valiosas contribuições.

Em primeiro lugar, a minha orientadora e amiga Anna Maria por muito mais do que a orientação: o incentivo, o apoio, as críticas sempre certas, a liderança e a paciência.

À Juliana, Karina e Ana pela paciência e compreensão com as eventuais ausências nos momentos de desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas do grupo de pesquisa do Lapef pelas observações, riqueza de discussões e críticas que auxiliaram de veras na construção deste trabalho.

Aos amigos Josias e Paulo pelas contribuições valiosas, pela leitura crítica, pelas sugestões e, principalmente, pelo apoio nos momentos em que várias incertezas e inseguranças me assolaram.

A toda a equipe, gestores e funcionários da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo pelo suporte às aulas.

Aos professores Tadeu e Wellington e a toda a equipe, gestores e funcionários das escolas que possibilitaram a coleta de dados para esta pesquisa.

Ao Léo, técnico de laboratório da Eafeusp, pela gravação da sequência e colaboração nas atividades.

Aos funcionários do Serviço de Biblioteca e Documentação da Feusp e aos colegas Anderson, Giso e Reinaldo, da gráfica Feusp, pela gentileza e presteza no atendimento às minhas solicitações.

RESUMO

BARRELO JUNIOR, N. Promovendo a argumentação em sala de aula de Física Moderna e Contemporânea – uma sequência de ensino investigativa e as interações professor-alunos. 2015. 182 p. Tese (Doutorado), Instituto de Física e Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, 2015.

Nesta pesquisa, buscou-se verificar: a) quais interações discursivas ocorrem em uma sala de aula, durante um conjunto de atividades de laboratório de investigação com a exploração e montagem de um interferômetro de Mach-Zehnder; b) quais ações e perguntas feitas pelo professor são promotoras de argumentação pelos alunos e possibilitam o desenvolvimento de alfabetização científica; c) se os alunos se apropriam das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz. Esta pesquisa teve como embrião dois outros trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa a que estamos associados. Para alcançar nossos objetivos, fizemos uma revisão da literatura sobre as bases teóricas que alicerçam a análise da argumentação em sala de aula e sobre a fundamentação de uma Sequência de Ensino Investigativa. Transcrevemos as falas e os gestos de uma aula de uma sequência de ensino que objetivava investigar a natureza e o comportamento da luz em um interferômetro real e em uma extrapolação para o ideal, utilizando o arranjo experimental de Mach-Zehnder e um programa de computador que simula esse experimento. As gravações foram feitas em duas turmas do terceiro ano do ensino médio de duas escolas públicas. Para responder às questões de pesquisa propostas, analisamos as aulas que sistematizavam as discussões e os registros escritos finais dos alunos. A partir dos dados, não foi possível verificar a ocorrência de indicadores de alfabetização científica nem a estrutura do discurso oral dos alunos, embora os registros escritos demonstrem a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea pelos estudantes. Também confrontamos os resultados obtidos nesta pesquisa com aqueles originados das pesquisas anteriores que embasaram este trabalho.

Palavras-chave: Ensino e aprendizagem; Física; Argumentação em sala de aula; Física moderna e contemporânea.

ABSTRACT

BARRELO JUNIOR, N. *Promoting argument in modern physics classroom and Contemporary - an investigative teaching sequence and the teacher-student interactions.* 2015. 182 p. Thesis (PhD), Institute of Physics and School of Education – University of São Paulo, 2015.

In this research, we check: a) which discursive interactions occur in a classroom during a set of laboratory research activities with the exploration and assembly of a Mach-Zehnder interferometer; b) what actions and questions asked by the teacher are promoting argumentation by students and enable the development of scientific literacy; c) if the students take ownership of the interpretations of quantum mechanics on the nature and behavior of light. This research was embryo two other development work by the research group to which we are associated. To achieve our goals, we review the literature on the theoretical foundations that underpin the analysis of argumentation in the classroom and on the reasons for a Investigative Teaching Sequence. We transcribe the words and gestures of a class of a teaching sequence aimed to investigate the nature and the behavior of light in a real interferometer and an extrapolation for optimal using the experimental arrangement of Mach-Zehnder and a computer program simulates this experiment. The recordings were made in two of the third year of high school from two public schools classes. To answer the research questions posed, we analyze the lessons that sistematizavam discussions and final written records of students. From the data, it was not possible to verify the occurrence of scientific literacy indicators or the structure of oral speech of students, although written records showing the appropriation of concepts of Modern and Contemporary Physics by students. Also we confront the results obtained in this study with those arising from previous research that supported this work.

Keywords: Teaching and Learning; Physics; Argumentation in the classroom; Modern and contemporary physics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das respostas para as interpretações da MQ sobre a natureza da luz.....	23
Tabela 2 – Os tipos de perguntas do professor em aulas investigativas de Física.....	27
Tabela 3 – Valores do Idesp para a escola de Osasco	78
Tabela 4 – Valores do Idesp para a escola da Zona Sul de São Paulo	81
Tabela 5 – Os tipos de perguntas do professor em aulas investigativas de Física.....	85
Tabela 6 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma E – prof. Thiago	116
Tabela 7 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma F – prof. Thiago	117
Tabela 8 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma A – prof. Wiliam	118
Tabela 9 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma B – prof. Wiliam	125
Tabela 10 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a natureza da luz – pesquisa anterior.....	125
Tabela 11 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a natureza da luz. – prof. Thiago.....	125
Tabela 12 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a experiência do interferômetro – pesquisa anterior	126
Tabela 13 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a experiência do interferômetro – Prof. Thiago	126
Tabela 14 – Respostas dos alunos sobre o conceito de fóton - pesquisa anterior.....	127
Tabela 15 – Respostas dos alunos sobre o conceito de fóton – prof. Thiago	127
Tabela 16 – Respostas dos alunos sobre as interpretações da Mecânica Quântica.- pesquisa anterior	128
Tabela 17 – Respostas dos alunos sobre as interpretações da Mecânica Quântica. - prof. Thiago.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Padrão de Toulmin para a fala da aluna Bruna (modificado)	22
Figura 2 - Padrão de Toulmin para a fala da aluna Bruna.....	24
Figura 3 - Padrão de argumento completo	45
Figura 4 - O interferômetro de Mach-Zehnder	72
Figura 5 - Imagens do programa de simulação do MZ.....	73
Figura 6 - Padrão de Argumento	84
Figura 7 - Simulador do Efeito Fotoelétrico	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Questionário de sistematização	25
Quadro 2 - Transcrição do 1 ° episódio, turnos 24 a 40	35
Quadro 3 - Transcrição do 2° episódio, turnos 67 a 86	38
Quadro 4 - Operações epistemológicas	50
Quadro 5 - Indicadores propostos por Sasseron (2008)	55
Quadro 6 - Indicadores propostos por Sasseron (2008)	87
Quadro 7 - Interpretações da Mecânica Quântica na experiência com interferômetro de Mach-Zehnder	88

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 AS PESQUISAS ANTERIORES	19
1.1 O PONTO DE PARTIDA	19
1.2 A PESQUISA DE BARRELO (2010) – ARGUMENTAÇÃO COMO FATOR DE APRENDIZAGEM.....	20
1.2.1 Um Recorte da Pesquisa.....	21
1.3 A PESQUISA DE SOUZA (2012) – AS PERGUNTAS FEITAS PELO PROFESSOR PARA PROMOÇÃO DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	27
1.3.1 Um Recorte da Pesquisa.....	31
1.4 RETORNANDO AO PONTO DE PARTIDA.....	44
2 ARGUMENTAÇÃO: O DISCURSO DOS ESTUDANTES E A APROPRIAÇÃO DE CONCEITOS	45
2.1 ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	49
2.2 PROMOVENDO ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	55
3 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI): O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	55
4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA DESENVOLVIDA.....	71
4.1 EXPLICITANDO A SEI ELABORADA POR BLOCOS.....	71
4.1.1. Bloco 1: Atividade da Caixa Preta	72
4.1.2 Bloco 2: Efeito Fotoelétrico	72
4.1.3 Bloco 3: Onda ou Partícula – Os Fenômenos Luminosos	73
4.1.4 Bloco 4: O Interferômetro de Mach-Zehnder.....	74
4.1.5 Bloco 5: Finalizando a Sequência – Discussão e Sistematização	75
4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEI	76
5 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	79
5.1 AS QUESTÕES DE PESQUISA	79
5.2 OS PROFESSORES, OS ALUNOS E AS ESCOLAS	79
5.2.1 A Escola de Osasco	80
5.2.2 A Escola da Zona Sul de São Paulo.....	83

5.3 A SELEÇÃO DAS AULAS PARA ANÁLISE	85
5.4 CRITÉRIOS PARA APRESENTAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO	86
5.4.1 Resgatando os Instrumentos de Análise	87
6 ANÁLISE.....	90
6.1 UM PANORAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	90
6.1.1 A Aula com a Caixa Preta.....	91
6.1.2 A Aula 2.....	94
6.1.3 A Aula 3.....	96
6.1.4 A Aula 4.....	97
6.1.5 A Aula 5.....	98
6.1.6 As Aulas 6 e 7.....	98
6.1.7 A Aula 8.....	98
6.1.8 A Aula 9	100
6.1.9 A Aula 10.....	100
6.1.10 Breve Discussão sobre as Aulas.....	100
6.2 ANÁLISE DAS DISCUSSÕES ORAIS	102
6.2.1 Análise da Aula 10.....	102
6.2.1.1 Aula 10 do Prof. William.....	102
6.2.1.1.1 primeiro episódio da aula 10 - prof. William	102
6.2.1.1.2 segundo episódio da aula 10 - prof. William.....	105
6.2.1.1.3 terceiro episódio da aula 10 - prof. William.....	106
6.2.1.1.4 a aula 10 - prof. William.....	110
6.2.1.2 Aula 10 do Prof. Thiago.....	111
6.2.1.2.1 primeiro episódio da aula 10 - prof. Thiago	111
6.2.1.2.2 segundo episódio da aula 10 - prof. Thiago	114
6.2.1.2.3 terceiro episódio da aula 10 - prof. Thiago.....	115
6.2.1.2.4 a aula 10 - prof. Thiago.....	116
6.2.1.3 A Aula 10 – Breve Comparação com a aula das Pesquisas Anteriores	116
6.2 ANÁLISE DOS REGISTROS ESCRITOS	117
6.3 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS FALAS E OS REGISTROS ESCRITOS	132
CONSIDERAÇÕES FINAIS	135

REFERÊNCIAS	135
ANEXOS	142

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa teve como embrião dois projetos anteriormente desenvolvidos no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação (FEUSP) que redundaram em dissertação de mestrado. O primeiro trabalho (BARRELO, 2010) apresentou uma sequência de ensino investigativa desenvolvida em parceria com a Dra. Maria Beatriz Fagundes que, na época, desenvolvia um projeto de pesquisa de pós-doutorado na Feusp, e já promovera trabalho semelhante com alunos de ensino médio em escola técnica da Alemanha. As atividades propunham a inclusão da montagem e exploração de um interferômetro de Mach-Zehnder e do uso de uma simulação de computador, em substituição a uma encenação teatral que visava uma analogia pessoa-fóton sugerida em um curso de dualidade onda-partícula sugerido por Brockington (2005).

Na pesquisa de mestrado objetivou-se identificar como ocorre a argumentação dos alunos acerca do conceito de fóton durante um conjunto de atividades de laboratório de investigação, com a construção e exploração de um interferômetro e com outras de experimentação de pensamento. Procurou-se verificar também se, durante aquelas atividades, os alunos se apropriaram das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz. Uma vez analisada a sequência e constatada – em situação de experimentação – a promoção de argumentação em sala de aula e aprendizagem dos estudantes, uma segunda pesquisa se debruçou sobre os dados colhidos naquela Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Assim, Souza (2012) em sua dissertação buscou

entender quais os tipos de perguntas feitas pelo professor em uma atividade investigativa de Física e quais os indicadores de alfabetização científica (SASSERRON, 2008) apresentados pelos alunos a fim de investigar como as perguntas podem influenciar na promoção da alfabetização científica. Buscamos desenvolver uma categorização dos tipos de perguntas feitas pelo professor em aulas investigativas e verificar de que forma essas perguntas podem auxiliar os alunos a desenvolver aspectos relacionados à alfabetização científica.

As constatações observadas naqueles trabalhos levaram a indagações a respeito da aplicabilidade da sequência de ensino investigativa (SEI) em contextos diversos daqueles

que os embasaram e qual a relevância das indagações feitas pelo professor para promoção de alfabetização científica. Particularmente, as considerações sobre a relevância da SEI, as interações discursivas dos alunos e sua mediação pelo professor – além da observação de que os registros escritos dos estudantes corroboram para verificação de seu aprendizado – motivaram o aprofundamento da pesquisa.

O problema desta pesquisa se delineia na análise de informações colhidas em duas turmas de terceiro ano do ensino médio de duas escolas públicas e dois professores distintos. Desta maneira, pode-se comparar dados das duas turmas e, ainda, os resultados de cada grupo entre si e com aqueles verificados nas pesquisas iniciais.

Buscar-se-á neste trabalho responder às seguintes perguntas:

1. Quais interações discursivas ocorrem em sala de aula durante um conjunto de atividades de laboratório de investigação, com a construção e exploração de um interferômetro e com outras de experimentação de pensamento?
2. Quais perguntas feitas pelo professor são promotoras de argumentação em sala de aula e possibilitam o desenvolvimento de alfabetização científica?
 - 2.1 As intervenções do professor visam “fazer escola” ou “fazer ciência”?
3. Durante essas atividades, os alunos se apropriam das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz e sobre o conceito de fóton?

Confrontar-se-ão os resultados de turmas, escolas e professores em ambientes diversos.

Para estudar esse problema, no primeiro capítulo serão retomadas as duas pesquisas que serviram de embrião para o presente trabalho. No segundo capítulo não só se discorrerá sobre o discurso dos estudantes como um fator de verificação de sua apropriação de conceitos bem como serão apresentadas as bases teóricas para análise da argumentação em sala de aula. O terceiro capítulo será dedicado à fundamentação de Sequência de Ensino Investigativa. No capítulo quarto, abordar-se-á a proposta de ensino promovida nesta pesquisa.

Descrever-se-á, em seguida, no capítulo cinco, a metodologia da pesquisa quando serão discutidos o problema e contextualizações e delineamentos dos ambientes e das personagens deste trabalho. Ainda neste capítulo serão descritas as aulas a serem analisadas e a forma como se deu a coleta dos dados. O sexto capítulo contempla a análise dos dados e, finalmente, conclui-se com algumas considerações relacionadas à adequação da proposta.

1 AS PESQUISAS ANTERIORES

1.1 O PONTO DE PARTIDA

A pesquisa, como mencionado, teve como embrião um projeto desenvolvido por um grupo de pesquisa formado por uma equipe de professores da rede pública do Estado de São Paulo e pesquisadores em ensino de Física da Universidade de São Paulo, intitulado *Introdução de Teorias Modernas e Contemporâneas na Física do Ensino Médio*, no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação (Feusp). Com apoio da Fapesp e do CNPq, este grupo, reunindo-se semanalmente no LaPEF/Feusp, visava, por meio de análises e reflexões, desenvolver pesquisas em inovações curriculares que possibilitassem a transposição das teorias modernas e contemporâneas de Física para a sala de aula. Três temas dominavam a atenção do grupo: Física de Partículas, Teoria da Relatividade e Dualidade Onda-Partícula.

Brockington (2005), em sua dissertação de mestrado, propôs um curso sobre a questão da dualidade onda-partícula, composto de aproximadamente 52 aulas, divididas em onze temas designados blocos de conteúdo, a serem ministrados ao longo de um ano letivo, iniciando-se na abordagem do uso dos modelos no cotidiano e na física e concluindo com uma análise e discussão da dualidade onda-partícula. O curso tem sido aplicado desde 2004 por professores, da rede pública estadual, interessados na inclusão de Física Moderna e Contemporânea no Currículo Escolar.

Este autor tem aplicado essa sequência de ensino, desde 2006, em um curso regular de ensino médio, para alunos do terceiro ano. Também no LaPEF/Feusp, reúne-se semanalmente um grupo de pesquisadores, sob coordenação da profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, que se debruça sobre questões relativas à promoção de enculturação científica em sala de aula, com trabalhos voltados para argumentação, desenvolvimento de sequência de ensino investigativa, dentre outras. Deste grupo surgem as duas pesquisas que embasarão o presente.

1.2 A PESQUISA DE BARRELO (2010) – ARGUMENTAÇÃO COMO FATOR DE APRENDIZAGEM

Durante a dissertação deste pesquisador (BARRELO, 2010) foi proposta uma alteração do décimo bloco temático do trabalho de Brockington, com a inclusão da montagem e exploração de um interferômetro de Mach-Zehnder e do uso de uma simulação de computador, em substituição a uma encenação teatral que visa uma analogia pessoa-fóton.

Naquele trabalho procurou-se identificar como ocorre a argumentação dos alunos sobre o conceito de fóton durante um conjunto de atividades de laboratório de investigação, com a construção e exploração de um interferômetro e com outras de experimentação de pensamento. Verificou-se se, durante essas atividades, os alunos se apropriaram das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz.

Para alcançar os objetivos, foi realizada uma revisão da literatura sobre a importância da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea na escola média, das abordagens da Mecânica Quântica quanto à natureza e comportamento da luz, e das bases teóricas que alicerçam a análise da argumentação em sala de aula. A partir dessa revisão, foi possível perceber que o discurso dos estudantes é um fator de verificação de sua apropriação de conceitos. A análise das falas dos alunos ratificou essa constatação. Foram transcritos as falas e os gestos de quatro das onze aulas de uma sequência de ensino, cuja finalidade era investigar a natureza e o comportamento da luz em um interferômetro real e em uma extrapolação para o ideal, utilizando o arranjo experimental de Mach-Zehnder e um programa de computador capaz de simular esse experimento. As gravações foram feitas em duas turmas do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública. Para responder às questões de pesquisa propostas, foram analisadas as aulas que sistematizavam as discussões e os registros escritos finais dos alunos. A partir dos dados, foi possível verificar a ocorrência de indicadores de alfabetização científica, a estrutura do discurso oral dos alunos e a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea por estudantes de ensino médio.

1.2.1 Um Recorte da Pesquisa da Pesquisa de Mestrado

Como explicitado anteriormente, a sequência de ensino teve como base aquela proposta por Brockington (2005) em sua dissertação de mestrado. São promovidas alterações surgidas das discussões no grupo de professores, em 2006, e foi desenvolvida em parceria com a Dra. Maria Beatriz Fagundes, que, na época, desenvolvia um projeto de pesquisa de pós-doutorado na Feusp.

A sequência, descrita em Barrelo (2010), permitiu ao professor optar pela realização completa, ou não, de todos os episódios temáticos, a fim de ajustar seu cronograma de aulas ao calendário escolar, iniciando-se com a leitura e a discussão do texto que confronta a teoria ondulatória e a corpuscular da luz. A atividade 2 apresenta de forma expositiva (apresentação em multimídia) o interferômetro de Mach-Zehnder (MZ), retoma a analogia da aula anterior e a relaciona com o MZ. Mostra as interpretações para um só fóton, bem como as limitações de cada uma delas para explicar os resultados experimentais. A atividade 3 parte da leitura e discussão do texto sobre dualidade onda-partícula, e, em seguida, pede-se aos alunos que respondam às questões. Espera-se que os alunos percebam que não existe uma resposta certa, mas ser necessária uma justificativa para a escolha. As aulas 5 e 6 da sequência didática são dedicadas à manipulação do interferômetro e ao uso da simulação de computador.

Foram feitas as transcrições de todas as aulas gravadas das duas turmas. Os registros escritos dos alunos estão catalogados na pesquisa completa que se encontra em Barrelo (2010). Nesse trabalho, evidenciam-se alguns aspectos relevantes dos registros orais e escritos dos alunos. Procura-se mostrar como os alunos estruturam seus argumentos. Enfatiza-se a forma como os argumentos são explicitados (TOULMIN, 2006; LAWSON, 2000, 2002). Também se verificam as operações epistemológicas envolvidas para a apresentação dos argumentos, como proposto por Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodrigues e Duschl (2000), e a ocorrência dos indicadores de alfabetização científica sugeridos por Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008c). A seguir serão apresentados alguns trechos da pesquisa promovida anteriormente.

O professor inicia a aula retomando a anterior e, em seguida, projeta na parede as imagens de interferência obtidas pelo interferômetro real e na simulação. Encontra-se, entre os turnos 4 e 18, apenas respostas simples, de afirmação ou negação, sem

justificativa, classificando-as como argumentações de nível 0, conforme Driver e Newton (1997).

Turno	Falas transcritas	Indicadores AC / Breve Análise
033	Bruna: (09:00) O que você tá falando é a explicação do preto, é isso?	
035	Bruna: Tem inversão de fase, porque a parte que reflete no semiespelho tá ...	
037	Bruna: numa fase diferente da parte que passou direto	Explicação O.E.: plausibilidade

Nos turnos 33, 35 e 37, percebe-se que a aluna Bruna consegue dar uma **explicação** para o que deve ocorrer – tem inversão porque as fases são diferentes. Sua argumentação é de nível 4, com uso do operador epistemológico **plausibilidade**, porque integra a fala anterior do professor à observação e acrescenta uma justificativa para o fenômeno. Pelo padrão proposto por Toulmin, sua fala pode ser assim estruturada:

Figura 1 – Padrão de Toulmin para a fala de Bruna

Entre os turnos 055 e 066 os alunos são inquiridos a comparar duas imagens distintas. Na primeira, forma-se a figura padrão de interferência, e, na segunda, tem-se uma mancha circular formada por pontinhos. O professor solicita a uma aluna que faça a comparação entre as duas imagens apresentadas e se há relação entre elas. Destacam-se as falas do aluno Lucas, nos turnos 64 e 66:

Turno	Falas transcritas	Indicadores AC / Breve Análise
64	Lucas: Então, nos primeiros círculos as duas se encontram, os dois raios estão juntos (12:37h)	Explicação O.E.: plausibilidade
65	Professor: Pessoal!	
66	Lucas: Enquanto que na outra figura como tem um detector ele impede a passagem de um dos caminhos de chegar <i>no</i> anteparo, então só tem um caminho que o fóton pode passar. Por isso, ele não forma a figura. (12:52h)	Explicação O.E. plausibilidade

Suas afirmações também indicam uma **explicação** – na primeira imagem, os dois raios (de luz) se encontram e formam a figura padrão de interferência, enquanto na segunda não se forma porque o fóton tem apenas um caminho para passar. Portanto, sua argumentação é de nível 3, pois são afirmações apoiadas por justificativas:

“[Se] tem dois caminhos, [então] os raios se encontram e, [portanto], formam a figura padrão.”

“[Se] um detector impede a passagem do fóton, [então] apenas um caminho é fornecido, [portanto] não forma a figura.”

No turno 99, o professor solicita aos alunos que reparem em suas fichas de anotação, nas quatro possíveis interpretações quanto à natureza da luz. A aula, até o seu final, transcorre com a discussão sobre estas. Entre os turnos 100 e 135, o professor vai apresentando aos alunos o nome das interpretações e solicita a estes que associem a esse nome a característica da luz.

Para os alunos Vitor e Beatriz, conforme os turnos 140, 142, 144, 146 e 147, a **explicação** para a interpretação da Complementaridade sobre a natureza da luz “depende de como se olha para ela” (turno 144).

Turno	Falas transcritas	Indicadores AC / Breve Análise
140	Vitor: Tipo... (21:06) microscopicamente é uma partícula, macroscopicamente ela é uma onda	Explicação
141	Professor: Tá. Segundo o Vitor, se a gente olhar lá no microscópio... Microscópio não, se olhar no mundo <i>dos micro</i> , né? Se for pensar nela lá, enquanto natureza mesmo, na sua formação ela é?	
142	Vitor: Partícula.	
143	Professor: Partícula. Mas se a gente observar de fora, no macroscópico, é isso? Aí ela é onda. Pode ser isso?	
144	Beatriz: 21:48 depende de como se olha.	
145	Professor: Pra você isso é complementaridade?	
146	Beatriz: É?	
147	Vitor: Sim.	

A aluna Bruna discorda e afirma no turno 150:

Turno	Fala transcrita	Indicador AC / Breve Análise
150	Bruna: Porque aí ela <i>tá</i> sendo duas coisas ao mesmo tempo. Complementaridade é quando ela <i>tá</i> sendo ora uma coisa ora outra.	Explicação

Ela mostra entendimento dos conceitos até então estudados e apresenta uma **explicação** para não concordar com os colegas.

Pelo padrão de Toulmin, a fala da aluna pode ser assim estruturada:

Bruna reforça sua **explicação** no turno 152:

Turno	Fala transcrita	Indicador AC / Breve Análise
152	<p>Bruna: Não. Porque o que eu tô falando... No micro... Olha, no mesmo momento quando você analisa no micro ela é partícula e no macro ela é onda. Você tá pensando no mesmo momento, então na mesma coisa ela ta sendo duas coisas ao mesmo tempo, no mesmo momento ela ta sendo duas coisas ao mesmo tempo. Mas pra ser complementar no momento “x” ela tá sendo uma coisa e no momento “y” ela tá sendo outra, entendeu?</p>	Explicação

Foram coletados diversos registros escritos dos alunos ao longo do curso. Segundo Pessoa Júnior, “o que caracteriza a Teoria Quântica de maneira essencial é que ela é a teoria que atribui, para qualquer partícula individual, aspectos ondulatórios, e para qualquer forma de radiação, aspectos corpusculares” (PESSOA JR, 2003, p.). A afirmação do autor é uma versão “geral da dualidade onda-partícula”, que, procura-se evidenciar se os alunos concebem essa percepção da dualidade. A análise se restringiu ao questionário (Quadro 3) aplicado às turmas na última aula.

Quadro 1 - Questionário de sistematização

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...				
Explicação da experiência do interferômetro				
Explicação para um fóton				

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?”

A Tabela a seguir sintetiza as respostas promovidas pelos estudantes:

Tabela 1 – Síntese das respostas para as interpretações da MQ sobre a natureza da luz

1.a – “A luz é...”	Número de alunos	Percentual da turma
Todas as respostas corretas (A)	9	30
Todas as respostas parcialmente corretas (B)	0	0
Todas as respostas incorretas (C)	0	0
Somente respostas corretas (A) ou parcialmente corretas (B)	15	50
Somente respostas corretas (A) ou incorretas (C)	3	10
Somente respostas parcialmente correta (B) ou incorreta (C)	0	0
Respostas corretas (A), parcialmente corretas (B) e incorretas (C)	3	10
Total de alunos	30	100

Foram feitas análise de cada uma das questões. Posteriormente, compararam-se os registros escritos com as falas dos alunos que participaram ativamente das discussões orais. Ao serem analisadas as falas dos alunos na aula 10, verificou-se a participação efetiva de oito alunos da turma nas discussões orais. A título de exemplo, pode-se citar que o aluno André, também responde de forma satisfatória às questões e suas falas se concentraram no início da aula (turnos 10 a 15), onde tenta classificar as informações sobre as imagens obtidas no experimento.

É interessante notar que sua fala foi complementada pela aluna Bruna (a partir do turno 17) e as melhores respostas escritas de André referem-se às questões que remetem

a esse episódio da aula. Bruna é a estudante com maior articulação na aula 10. Participou de maneira eficaz dos debates, auxilia e contesta nas falas dos colegas e demonstra bom entendimento das questões suscitadas. Sua escrita é condizente com suas locuções e consegue produzir registros corretos e bem elaborados.

Naquele trabalho, procurou-se identificar como ocorre a argumentação dos alunos sobre o conceito de fóton durante a aplicação de um conjunto de atividades experimentais investigativas, envolvendo a montagem e exploração de um interferômetro, e o uso de uma simulação de computador. Este trabalho objetivou também verificar se os alunos se apropriaram das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz.

A substituição de uma analogia pela montagem e manipulação do experimento de Mach-Zehnder e a posterior utilização de uma simulação de computador possibilitaram aos alunos a compreensão das dificuldades em se enquadrar a luz segundo os modelos clássicos de onda e partícula. A sequência das aulas, com laboratório de investigação, análise e discussão das observações, criou condições para enculturação científica, como apontam as análises dos discursos dos estudantes.

A análise demonstrou que as interações discursivas entre os alunos, e sua mediação pelo professor, possibilitaram que estes se tornassem mais críticos, participativos e aproximassem-se das discussões da ciência moderna. Os indicadores de alfabetização científica e a estrutura de argumento presentes nas falas dos alunos corroboraram para essa afirmação. Cerca de 30% dos alunos participou ativamente das discussões em sala. Na análise de suas alocações nota-se a incidência desses indicadores.

A análise da aula 10 mostrou que as falas dos estudantes, inicialmente monossilábicas, foram se aprimorando e transformando em estruturas melhor elaboradas à medida que o debate se instalou em sala. Também os indicadores de alfabetização científica fizeram-se mais presentes nessas condições. Apesar de os tópicos apresentados terem sido pensados para estudantes de graduação em Física, a pesquisa revela um alto índice de acertos dos estudantes. Para as questões relativas às interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza da luz, cerca de 80% da classe apresenta respostas corretas ou parcialmente corretas. A explicação para a experiência do interferômetro é dada de forma satisfatória por 70% dos alunos. Os dados indicam que, a despeito deste entendimento, para muitos estudantes o fenômeno da interferência é corpuscular.

Fazendo a verificação entre os registros escritos e as falas daqueles que mais discorreram em sala de aula, pode-se afirmar que a participação nas discussões é fator contribuinte para o aprendizado e o entendimento dos conceitos. Todos os alunos que participaram efetivamente dos debates em sala apresentaram registros escritos com percentual elevado de acertos das questões. Não se pode afirmar que a não participação efetiva nas discussões impossibilite ou dificulte tal juízo. Mesmos os alunos que pouco, ou nada, disseram nas aulas analisadas, em sua maioria, obtiveram resultados bastante satisfatórios.

A análise das aulas e dos registros escritos permitiu afirmar que a proposta de ensino foi validada e contribui sobremaneira para a inserção de tópicos de FMC no ensino médio, torna a Física mais atraente para os jovens estudantes e os aproxima do conhecimento científico por trás das inovações tecnológicas. Convém ressaltar que a sequência de ensino embute uma visão de que não existe apenas uma verdade científica. A discussão das quatro interpretações sobre a natureza e o comportamento da luz e a indagação aos alunos sobre o porquê de tantas teorias (questão 2 do registro escrito) visam levar o aluno a compreender que são possíveis várias interpretações para um mesmo fenômeno.

1.3 A PESQUISA DE SOUZA (2012) – AS PERGUNTAS FEITAS PELO PROFESSOR PARA PROMOÇÃO DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.

O trabalho de Souza (2012) versa sobre os tipos de perguntas feitas pelo professor que podem influenciar na promoção da alfabetização científica. Para tanto, desenvolveu categorias dos tipos de perguntas feitas pelo professor em aulas investigativas e verificou de que forma essas perguntas auxiliam os alunos a desenvolver aspectos relacionados à alfabetização científica.

Concebendo a sala de aula como um ambiente rico para possibilitar as significações e as construções conceituais, Souza (2012) afirma que “as perguntas dos alunos e/ou dos professores se encaixam nesse ambiente como inerentes à própria forma de se buscar o conhecimento”. Em sua pesquisa buscou evidenciar como acontecem essas interações e como entende a pergunta circunscrita ao ensino de Física e ao ensino de Ciências. Dessa forma, fez-se necessário o estudo das interações discursivas que ocorrem em sala de aula,

da forma como alunos e professores constroem um sentido para um conceito e como as perguntas participam desse movimento de aprendizagem.

O autor, analisando as interações discursivas em aulas de Física em que os alunos resolvem um problema por investigação, objetivou compreender como as perguntas ocorrem; qual o seu papel nas interações; verificar a ocorrência em aulas de Física e entender como estas podem promover a argumentação dos alunos; subsidiar a alfabetização científica; e categorizá-las com base nesses pressupostos.

E, em seu trabalho, procurou responder às seguintes perguntas centrais: *Quais os tipos de perguntas devem ser feitas pelo professor em uma aula de Física para que os alunos resolvam um problema? Que tipo de contribuição as perguntas trazem para um ensino que vise à Alfabetização Científica (AC)?*

Buscando sustentação nos diversos trabalhos que versam sobre interações discursivas em sala de aula, Souza (2012) indica dois referenciais teóricos para justificar a categorização das perguntas do professor em aulas investigativas de Ciências, Sasseron e Carvalho (2011) e Mortimer e Scott (2002), ressaltando uma diferença entre eles. O primeiro, que define o ciclo argumentativo, apresenta diferentes momentos de argumentação dos alunos no desenvolvimento de uma aula investigativa, portanto, o foco do trabalho são os alunos; enquanto o segundo analisa primordialmente o professor. Enfatiza, contudo, que ambos se preocupam com as interações discursivas em aulas investigativas. Assumindo que a aula investigativa apresenta diferentes momentos – como verificado no ciclo argumentativo –, salienta ser necessário que, para cada momento, haja intenções diferenciadas para o professor, de modo a garantir que os alunos tenham conhecido os dados, verificado as variáveis, elaborado e testado justificativas, e assim por diante.

Fazendo uma revisão da literatura, Souza (2012) encontrou três classificações distintas relacionadas aos tipos de pergunta em sala de aula de Ciências (PENICK, 2007; MARTENS, 1999; e HARLEN, 1996), cada qual analisando as perguntas por uma perspectiva diferente. Souza relacionou as categorias encontradas nesses trabalhos com a sua perspectiva de ensino investigativo presente nas esferas de interações discursivas levantadas em sua pesquisa. Assim, construiu sua ferramenta analítica, propondo a seguinte categorização das perguntas feitas pelo professor em sala de aula:

Tabela 2 - Os tipos de perguntas do professor em aulas investigativas de Física

Classificação das perguntas	Descrição	Exemplos
Perguntas de problematização	Remetem-se ao problema estudado ou subjacente a ele dentro da proposta investigativa. Refazem, reformulam de outra maneira, voltam à proposta do problema. Ajudam os alunos a planejar e buscar soluções para um problema e exploram os conhecimentos do aluno antes de eles o resolverem. Levantam as demandas do problema para que os alunos iniciem a organização das informações necessárias para resolvê-lo.	Por que isso acontece? Como explicar esse fenômeno?
Perguntas sobre dados	Abordam os dados envolvidos no problema. Seja evidenciando-os, apresentando-os ou selecionando-os de forma a descartar ou não variáveis. Direcionam o olhar do aluno para as variáveis envolvidas relacionando-as, procurando um grau maior de precisão, comparando ideias, propondo inversões e mudanças.	O que acontece quando você...? O que foi importante para que isso acontecesse? Como isso se compara a...?
Perguntas exploratórias sobre o processo	Buscam que os alunos emitam suas conclusões sobre os fenômenos. Podem demandar hipóteses, justificativas, explicações, conclusões como forma de sistematizar seu pensamento na emissão de uma enunciação própria. Buscam concretizar o aprendizado na situação proposta. Fazem com que o aluno reveja o processo pelo qual ele resolveu o problema, elucide seus passos.	O que você acha disso? Como será que isso funciona? Como chegou a essa conclusão?
Perguntas de sistematização	Buscam que os alunos apliquem o conceito compreendido em outros contextos, prevejam explicações em situações diferentes da apresentada pelo problema. Levam o aluno a raciocinar sobre o assunto e a construir o modelo para explicar o fenômeno estudado.	Você conhece algum outro exemplo para isso? O que disso poderia servir para este outro....? Como você explica o fato..?

Fonte: (SOUZA, 2012, p. 46)

Em sua análise, o pesquisador classifica e verifica os padrões das perguntas do professor em aulas investigativas em que há um número grande de interações discursivas, e verifica, concomitantemente, quais indicadores de alfabetização científica os alunos apresentam em seus discursos no decorrer da interação. Observa que há uma relação íntima entre as perguntas do professor e os indicadores de AC associados em determinados momentos das aulas. Definiu a pergunta como um instrumento dialógico de estímulo à cadeia enunciativa responsiva, sendo assim usado com propósito didático no interior da sala de aula, para elaborar e acompanhar a construção de um significado ou de um conceito. Sua análise foi orientada por essa definição na medida em que se percebe o estímulo à cadeia enunciativa (BAKHITIN, 2000), com o qual os alunos se envolvem dialogando intensamente com o conjunto da sala de aula na busca por soluções, conceitos e investigações acerca da dualidade onda-partícula e suas interpretações. Tal envolvimento dos estudantes também pôde ser identificado através dos indicadores de alfabetização científica apresentados por eles no decorrer das discussões. Assim, a relação

entre a pergunta do professor e os indicadores de AC dos alunos se configurou em pares pergunta-indicador. Os pares mais observados em suas análises foram:

“Perguntas de problematização / levantamento de hipóteses – conforme ressaltamos, a atividade investigativa requer um problema a ser apreciado, buscado e discutido. Um problema pressupõe uma situação na qual não há respostas evidentes para resolvê-la (GIL-PÉREZ *et al*) e, portanto, o que se faz primeiro na investigação científica, diante de uma situação problema, é o levantamento de hipóteses. E, do mesmo modo, observamos o levantamento de hipóteses na atividade investigativa analisada.

Perguntas sobre dados / organização de informações – Em uma atividade investigativa, as variáveis relevantes ao fenômeno são discutidas com o grupo de alunos, que busca uma resposta ao problema. É notória na investigação a relação entre os dados disponíveis para a atividade e a organização das informações para considerar variáveis relevantes e descartar dados. Ao fazer esse tipo de pergunta, o professor explicita a necessidade de considerar ou levar os alunos a refletir sobre quais seriam os dados importantes a serem considerados na atividade investigativa. Por sua vez, os alunos organizam as informações disponíveis de forma a eliminar as variáveis irrelevantes e considerar as relevantes para compreender o fenômeno.

Perguntas exploratórias sobre o processo / levantamento de hipótese e Perguntas exploratórias sobre o processo/explicações e justificativa – após lidar com os dados e suas relações causais, relacionar ideias a fatos é um processo de exploração dos fenômenos estudados. Tal relação pode conter hipóteses sobre a forma como o conceito se aplica ou se comporta diante de uma situação, ou conter explicações oriundas dessa articulação de ideias tendo em vista e relação já estabelecida com os dados e os fenômenos.

Perguntas de sistematização / explicações e justificativas – no processo de investigação, são necessários muitas vezes o levantamento dos saberes prévios dos alunos e seus conhecimentos anteriores sobre determinado conceito, assim como alguns conceitos mais fundamentais, para que o problema proposto possa ser considerado pelos alunos como um problema de fato. Nessa etapa, anterior à proposição do problema, saber pontualmente se os alunos dominam os conceitos prévios envolve perguntas de sistematização e, na grande maioria das vezes, explicações e justificativas são dadas diante de um conceito já internalizado. Em nossa análise, no início da sequência, o professor pergunta sobre a reflexão (fenômeno já visto e discutido pelo grupo) e, em resposta, os alunos explicam e justificam o que é esse fenômeno. Por outro lado, ao término de uma SEI, pretende-se que os alunos tenham aprendido um determinado conceito, relacionando-o com a realidade social em que vivem (aspectos centrais da alfabetização científica). Neste momento da aula, as perguntas de sistematização buscam uma explicação do aluno sobre o conceito recém-construído e suas relações. As respostas a ela são também explicações e justificativas.” (SOUZA, 2012, p.104-105).

Concluiu que “a relação entre as perguntas do professor e os indicadores de alfabetização científica dos alunos existe e é profícua para ser explorada em sala de aula”. Aponta ainda que, muitas vezes, as perguntas que os alunos colocam durante a discussão exercem uma função semelhante àquela esperada em relação ao professor.

1.3.1 Um Recorte da Pesquisa

Neste trabalho Souza (2012) propôs uma análise comparativa entre o discurso do professor e os indicadores de Alfabetização Científica apontados no discurso dos alunos, de modo a buscar uma relação entre a ação do professor e o desenvolvimento de habilidades visadas no ensino de ciências. Investigou as interações discursivas em sala de aula de Física do Ensino Médio utilizando duas metodologias de análise: na primeira visa a identificar as interações do professor, suas intenções, o conteúdo do discurso, as formas de abordagem, os padrões discursivos e as intervenções. Na segunda busca identificar, no discurso dos alunos, parâmetros de organização, seriação ou classificação de informações, elaboração e teste de hipóteses, raciocínio lógico, justificativa, previsão e explicação. Verificou, dentre outras coisas, a relação direta entre o padrão discursivo do professor e o desenvolvimento de habilidades científicas relevantes a um ensino que vise a Alfabetização Científica.

Utiliza, como referência neste trabalho, a pesquisa de Mortimer e Scott (2002), na qual é proposta uma metodologia de análise do discurso para se entender como ocorrem as interações professor-aluno em sala de aula. A análise do discurso por Mortimer e Scott (2002) abrange o papel do professor no que tange ao discurso em três grandes categorias que o influenciam: I) os **focos do ensino**, que abrangem as *intenções do professor*, ou seja, qual o problema proposto; como ele foi pensado; de que forma o professor utilizará as concepções prévias dos alunos; como ele pretende guiar a atividade. Outra perspectiva do foco de ensino é o *conteúdo do discurso* em sala de aula, que pode ser uma explicação, uma descrição ou uma generalização; II) a **abordagem do professor**, ao fornecer informações para a análise sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em padrões de interação. As formas de abordagem podem ser basicamente: *dialógica*, em que se contrapõem posições diferentes acerca do conteúdo; *de autoridade*, que apresenta uma visão única; *interativa*, na qual os alunos e o professor interagem na discussão; e *não interativa*, em que o professor discursa sozinho. Essas formas de abordagem não são excludentes, de modo que um professor pode ter um modo de abordagem dialógico e não interativo, ou seja, só ele imprime o discurso e contrapõe pontos de vista; III) as **ações do professor**, que se referem ao desenvolvimento da aula e os movimentos discursivos implicados nas interações. Foram chamados de *padrão discursivo* IRF, no qual o professor elabora uma iniciação (I), os alunos dão uma resposta (R) e o professor, um

feedback (F). Esses padrões podem continuar e, normalmente, contêm a intenção do professor em guiar as posições do aluno em face do fenômeno ou conteúdo. Por último, as interações também são influenciadas pelas *intervenções do professor* diante de uma pergunta ou uma colocação. Essas intervenções podem dar forma aos significados, ou seja, aprimorá-los em uma palavra ou termo correto; selecioná-los diferenciando os diversos significados de uma exposição, marcá-los ou reforçá-los com uma expressão afirmativa, por exemplo, e compartilhá-los ou enunciá-los ao conjunto da sala; verificar a compreensão dos alunos, interjeições ou perguntas; e rever os procedimentos feitos até o momento da aula.

Souza (2012) também se referenciou na pesquisa promovida por Sasseron (2008), onde, a partir da revisão da literatura específica sobre a Alfabetização Científica (AC), a autora identificou elementos e características a serem considerados quando do planejamento de um ensino cujo objetivo seja a promoção da inserção dos estudantes no processo de Alfabetização Científica. A pesquisadora propôs a existência de indicadores de Alfabetização Científica que podem ser entendidos como habilidades investigativas utilizadas na construção de conhecimento. Segundo a autora, os indicadores estão associados: (a) **ao trabalho com dados** na seriação, classificação e organização de informações; (b) **ao levantamento e teste de hipóteses**; (c) **à construção de explicações**, uso de justificativas e estabelecimento de previsões; e (d) **ao uso do raciocínio lógico e raciocínio proporcional** como forma de tornar uma ideia mais coerente.

Em outro trabalho, Sasseron e Carvalho (2011), utilizando os indicadores de AC para analisar o processo argumentativo ocorrido em aulas do Ensino Fundamental, constataram um padrão na presença e no aparecimento destes indicadores. A este padrão, as autoras dão o nome de *ciclo argumentativo*, entendendo-o como a forma por meio da qual as argumentações se desencadeiam e a maneira como as relações entre diferentes dados e variáveis são estabelecidas.

Em outro estudo, cuja preocupação está no processo de Alfabetização Científica, Carvalho (2008) salienta para a necessidade de se ter mais elementos para formar e preparar professores capazes de colocar boas perguntas em sala de aula; perguntas estas que promovam a discussão com a turma, fomentem a procura por explicações e, mesmo, contraexemplos, a fim de se proporcionar um ambiente criativo intelectualmente.

Em sua pesquisa, de caráter qualitativo, analisa episódios de uma sequência didática de Física Moderna para o terceiro ano do Ensino Médio. Ela foi desenvolvida no laboratório de pesquisa em Ensino de Física (LaPEF), no trabalho de Brockington (2005). Essa atividade foi aplicada e analisada na dissertação de mestrado de Barrelo Junior (2010), cujo objetivo era verificar o desenvolvimento de processos argumentativos dos alunos a respeito do conceito de fóton.

A sequência didática, realizada em onze aulas, inicia-se com estudos de: óptica, interferência, laser, fóton, dualidade onda-partícula e as interpretações da mecânica quântica. Ao final da sequência, pretende-se chegar à discussão das quatro linhas interpretativas da Física Quântica para a dualidade onda-partícula (a ondulatória, a corpuscular, a dualista-realista e a da complementaridade). Esta discussão estará ancorada nas atividades realizadas nas aulas anteriores e, sobretudo, nas observações realizadas quando do uso, em aula, do interferômetro de Mach-Zehnder.

No conjunto dos episódios de ensino selecionados, busca identificar as interações discursivas (MORTINER; SCOTT, 2002) e os indicadores da AC propostos. Mais especificamente, nesse trabalho, procura olhar: *as intenções* do professor no ato da fala, *a abordagem comunicativa* no tempo, como está sendo desenvolvida a interação verbal, e *as intervenções do professor* no decorrer dos episódios. As três categorias analisadas dimensionam o que o professor pretende com esta atividade e sua forma discursiva de abordar o tema. Ressalta que a verificação das *intenções* e das *abordagens* não pode ser feita por turnos, uma vez que denotam um momento da aula, perpassando, assim, diferentes turnos de interação. As *intervenções*, por sua vez, são analisadas na fala do professor.

Observados estes três aspectos relativos à fala do professor, busca analisar quais os indicadores da Alfabetização Científica encontrados nas falas dos alunos a serem observados nos turnos. Deste modo, os dois referenciais de análise pretendem classificar e entender os discursos do professor e dos alunos, respectivamente, para depois tentarem traçar um olhar mais amplo no conjunto dos episódios e da aula.

Os turnos são os momentos de fala de cada locutor. Há momentos em que uma mesma fala contém dois tipos diferentes de classificações para dado parâmetro. Nestes casos, separou o turno em A e B. A seguir, a fim de ilustrar a pesquisa de Souza,

apresentar-se-á a análise de dois episódios encontrados na aula 10 sobre as discussões, em sala, das linhas interpretativas para o interferômetro.

De acordo com a sequência didática desenvolvida, as aulas 10 e 11 finalizam um conjunto conceitual com as linhas interpretativas da Mecânica Quântica. Ambas ocorreram juntas, na mesma data, e logo após a discussão sobre os fenômenos do interferômetro de Mach-Zehnder para o modelo quântico. Nessas duas aulas, o professor faz uma retomada acerca dos fenômenos encontrados no interferômetro real e na simulação do interferômetro para o modelo quântico. Após uma apresentação sobre as linhas interpretativas da Mecânica Quântica, ele abre o debate aos alunos, sistematizando ao final da aula.

Do ponto de vista dos objetivos da aula, fica estabelecida, na sequência, que a aula 10 estabelece que os alunos conheçam as linhas interpretativas. Trata-se de uma abordagem nova, baseada já nas experiências que os alunos tiveram durante a sequência, entre as quais os fenômenos de interferência para objetos quânticos no interferômetro de Mach-Zehnder. Além de apresentar essas formas interpretativas, o professor visa à percepção, por parte dos alunos, de que nenhuma delas explica completamente o comportamento do fóton de maneira satisfatória. Esse dado é importante na medida em que as interações caminharão de forma a realizar uma análise dos modelos, uma característica que demanda aspectos significativos da Alfabetização Científica, como a elaboração das hipóteses e o teste destas diante de um fenômeno, para tentar entendê-lo de forma geral. Ou seja, a elaboração e verificação de um modelo.

1º Episódio

O primeiro episódio situa-se entre os turnos 24 e 40 da aula. No desenvolvimento dela, o professor relembra os conteúdos estudados anteriormente, fazendo perguntas aos alunos sobre a imagem projetada do interferômetro de Mach-Zehnder para o modelo quântico (Figura 1). A intenção é fazer os alunos lembrarem para que possa ser introduzido o problema. O Quadro 2 apresenta a transcrição do episódio 1.

Quadro 2 - Transcrição do 1º episódio, turnos 24 a 40

T	Transcrição	Intenções	Abordagem com	Intervenções	Indicadores da AC
24	Professor: <i>Todo mundo acha que é isso? Todo mundo acha que é a mesma coisa? E alguém sabe explicar por quê? Então olha, vamos imaginar... O que vocês tão me dizendo é isso, num anteparo a gente observa alguma coisa parecida com isso, certo? No outro, a gente vai enxergar o contrário, não é isso? Elas seriam complementares porque se a gente juntasse as figuras, veria o quê?</i>	Introduz estória científica	Interativo de autoridade	Checando/selecionando significados	
25	Pedro: <i>Um círculo</i>				Levantamento de hipóteses
26	Professor: <i>É isso. Ao invés de ver várias figuras, veria um círculo. Aí, agora a pergunta... Ronaldo! Alguém consegue me explicar por que isso? [inaudível] Mas por quê? Dá pra explicar por quê?</i>			Marcando significados	
27	Pedro: [inaudível] <i>Eu consigo explicar o que é, mas porquê eu não sei.</i>				
28	Professor: <i>Não, nós não chegamos neste ponto ainda.</i> [refere-se à explicação do que é o fenômeno]			Dando forma	
29	Lucas: [quase inaudível, tentando explicar o que está acontecendo] <i>é igual aquela experiência que a gente batia o dedo na água e fazia umas ondas, elas se aumentavam, aumentavam não, elas ficavam juntas</i> [entrelaça os dedos das mãos] <i>só que eu esqueci o nome do fenômeno</i>				Organização de Informações/ Justificativa
30	Professor: <i>interferência de ondas?</i>			Dando forma	
31	Lucas: <i>E, acho que é. Só que faz mile e anos, tá ligado?</i>				

T	Transcrição	Intenções	Abordagem com	Intervenções	Indicadores da AC
32	Professor: <i>Pessoal, a gente tá dizendo aqui oh... A gente tá observando nesse ponto a interferência das ondas, certo? E a gente enxerga aqueles pontos coloridos quando a interferência é construtiva. O que significa isso? As duas frentes de onda que estão se encontrando, estão na mesma fase, então elas se somam e você vê o ponto claro. Quando elas estão em fases opostas, a gente vê o que? A interferência é destrutiva, elas se anulam, não é isso? O que acontece desse ponto pra esse é uma inversão dessas fases, tá?</i>			Marcando Significados (sistematiza o conteúdo)	
33	Bruna: <i>O que você tá falando é a explicação do preto, é isso?</i>			Checando/ selecionando significado	Explicação
34	Professor: <i>Ahn?</i>				
35	Bruna: <i>Tem inversão de fase, porque a parte que reflete no semiespelho tá...</i>				Explicação
36	Professor: <i>Tá numa fase...</i>			Dando forma	
37	Bruna: <i>numa fase diferente da que parte que passou direto</i>				Explicação
38	Professor: <i>Isso. E aí o que vai tá acontecendo? Vamos supor que a fase 1 tá vindo pra cá e a 2 pra cá, certo? [mostra no quadro] Nesse caso aqui, eu vou pegar a 1 deste, né? E vai interferir com a outra que tá aqui, não é isso? Então o que tá acontecendo é que ela tá pegando os lados simétricos, tudo bem? Bom, aí a gente mudou pra fóton, como vocês bem responderam na última aula, o que acontece com o padrão da figura? O resultado.</i>			Marcando significados	
39	Lucas: <i>Igual, mas pontinhos.</i>				Classificação
40	Professor: <i>É o mesmo, não é? O que tá acontecendo só é que a gente aqui vai... Quando a gente manda com o laser forma imagem instantaneamente, não é isso? Todo o fóton... Ele vai se distribuindo, né? E dependendo da quantidade que a gente tem aí, a gente vai acabar observando a linha, certo? Até aqui nenhuma novidade, né? Tudo bem aí, Guilherme? Explica essas duas figuras aí pra mim, por favor. Fala aí, Daniel.</i>			Marcando significados	

Este primeiro episódio de análise retrata instantes iniciais da aula em que o professor discutirá com a turma as quatro interpretações da natureza da luz. Logo, a primeira fala do professor evidencia seu cuidado em organizar informações que os alunos já possuem, dadas as interações e atividades ocorridas em aulas anteriores. Trata-se, portanto, da retomada de discussões que já aconteceram e começa a revelar a intenção do

professor em “introduzir a estória científica” (MORTIMER; SCOTT, 2002). Pode-se observar a *intenção do professor* na forma como elabora suas perguntas e relembra os alunos das discussões e conceitos anteriores. Ele mostra, na tela, as figuras, de forma a recuperar as discussões da aula anterior e introduzir os conceitos necessários para a discussão proposta das linhas interpretativas.

O turno 32 é uma evidência para reforçar a alegação de que a intenção do professor, no início desta aula, ou seja, “introduzir os alunos na história científica”: percebe-se nesta sua fala a retomada de conteúdos já trabalhados, como a interferência, os fótons e as figuras do interferômetro, o que demonstra sua preocupação em trazer à tona e organizar as informações importantes e necessárias para que a nova discussão ocorra. Este é o primeiro passo do ciclo argumentativo proposto por Sasseron e Carvalho (2011), ou seja, são as primeiras ações nas interações discursivas, com o objetivo de se construir um argumento.

Os turnos finais deste mesmo episódio (turnos 38 e 40) também trazem evidências desta proposição, uma vez que são momentos em que o professor faz referência a informações, conceitos e ideias já discutidos em aulas anteriores e que se mostram necessários para dar embasamento às discussões que virão a seguir, em outros episódios da mesma aula. Uma vez que as discussões giram em torno de informações de aulas anteriores, não ocorrem aqui, neste pequeno episódio, oposições de novas ideias.

Neste sentido, conforme Mortimer e Scott (2002), trata-se de uma abordagem comunicativa “de autoridade”, pois as referências estão intrinsecamente relacionadas à sistematização de ideias cientificamente aceitas. Note-se que, embora no início do episódio o professor tenha feito uma pergunta de oposição de opiniões (“todo *mundo acha que é isso?*”), não a classifica como uma abordagem dialógica, visto que a intenção do professor, nesse instante, não é promover novos debates, mas retomar a estória científica já apresentada e discutida em outras oportunidades.

De qualquer modo, a presença de importantes colocações dos alunos demonstra que ocorre “interatividade” na construção do discurso. Isso fica bastante evidente nos turnos 25 e 29, por exemplo, quando se encontram, nas falas de dois alunos, indicadores da AC (SASSERON, 2008) ao trazerem informações das aulas já ocorridas servindo, respectivamente, para embasar o levantamento de hipótese em relação à questão lançada pelo professor, para justificar uma ideia que se discute. Vale reparar ainda que, para tecer

tal justificativa, o aluno Lucas, no turno 29, precisou lançar mão da organização de informações previamente trabalhadas, dando evidências da utilização de mais um indicador de AC.

Logo após esta fala do professor, a aluna Bruna coloca, diretamente para o professor, uma pergunta cujo objetivo é checar sua compreensão sobre um significado exposto: a interferência destrutiva de ondas. O que se vê na sequência é a própria Bruna propor uma explicação para o fenômeno: a presença deste indicador de AC (SASSERON, 2008) corrobora a alegação de que sua pergunta inicial tratava-se de uma verificação sobre o conceito mencionado pelo professor. Por sua vez, como decorrência desta interatividade, o professor estabelece, com os alunos, uma cadeia de intervenções que selecionam os significados ou os marcam quando aparecem, de modo a possibilitar que os alunos sistematizem suas ideias. Parece verdadeira esta observação, pois se encaixa com o momento de interatividade no qual os alunos encaminham suas respostas retomando os conceitos e marcando-os para o prosseguimento da aula.

2º Episódio

O segundo episódio aqui analisado se estende do turno 67 da mesma aula até o turno 86. No período intermediário entre o episódio anterior e este, o professor continua lembrando aos alunos e começa a explicitar o problema da interferência para um fóton. Há uma digressão sobre a associação dos fenômenos do interferômetro com um laser e, no início do turno 67, o professor organiza a questão de aula para as formas de explicação. Uma breve discussão sobre as possibilidades de se explicar a natureza da luz. Posteriormente, os alunos olham quais são as formas em um quadro (Quadro 3).

Quadro 3 - Transcrição do 2º episódio, turnos 67 a 86.

T	Transcrição	Intenções	Abordagem com	Intervenções	Indicadores da AC
67	<i>Professor: Tá. Então, nesse caso, não tem interferência e [aqui a gente tem interferência, não é isso? Bom, agora o seguinte, o que a gente veio conversando ao longo do ano inteirinho é que a física pode explicar as coisas de duas maneiras, ou como onda ou como partícula.</i>	Criando um problema	Interativo dialógico	Selecionando significados	

T	Transcrição	Intenções	Abordagem com	Intervenções	Indicadores da AC
68	Beatriz: <i>A luz.</i>				
69	<i>Professor:</i> Não, as coisas, no geral. Pra luz, em particular, nós chegamos <i>numa</i> encruzilhada. Nós chegamos <i>numa</i> encruzilhada agora. A Bia, se eu não me engano na aula passada, no finalzinho da aula, colocou exatamente qual era o nosso problema. Como <i>é que</i> eu explico, se eu pensar que a luz é uma partícula e o fóton é uma partícula, como <i>é que</i> eu explico a interferência pra um único fóton? Então, é isso que a mecânica quântica vai tentar conversar com a gente.				
70	<i>Vitor:</i> explicar como eles passam.				
71	<i>Professor:</i> Não, um único. Como é que um fóton interfere com ele mesmo. <i>[inaudível, vários alunos falam ao mesmo tempo]</i> Não, não, <i>perai</i> . Pessoal, diferente do que eles <i>tão</i> dizendo aqui, não é quando a gente tem assim, ah, eu tenho a luz interagindo com outra coisa, aí você <i>tá</i> aumentando as variáveis. Nós estamos pensando assim, olha... Foi isso que a Bia discutiu aqui na ultima aula. Como <i>é que</i> eu explico interferência para um único fóton? Ele com ele mesmo. Na nossa figurinha lá, se eu lançar apenas um único fóton, entendeu? Diferente do que a gente tinha no real, que a gente manda um feixe, a gente <i>tá</i> mandando milhões ao mesmo tempo e aí eu posso continuar pensando em bolinhas colidindo uma com a outra, <i>né?</i> Agora não, eu tenho um único E nesse único eu continuo tendo interferência.			Revido o progresso da estória científica	
72	Beatriz: <i>Ele se dividiu ao meio.</i>				Levantamento de hipótese
73	<i>Professor:</i> Quando ele passa lá no semiespelho ele se divide em duas partes?			Dando forma	
74	Beatriz: <i>É...</i>				
75	<i>Professor:</i> Mas duas partes do quê? De partícula? Duas partes de onda? Uma parte partícula outra parte onda?			Checando	
76	Beatriz: <i>Acho que as duas partes de uma partícula.</i>				Levantamento de hipótese

T	Transcrição	Intenções	Abordagem com	Intervenções	Indicadores da AC
77	Professor: <i>Mas aí se ele se dividir ao meio, eu deixo de ter um fóton e tenho dois. Dois meio fótons...</i>			Dando forma	
78	Beatriz: <i>Aí depois eles se juntam.</i>				Levantamento de hipótese
79	Professor: <i>Junta aqui embaixo de novo?</i>			Dando forma	
80	Beatriz: <i>É, os dois lados.</i>				Previsão
81	Professor: <i>mas como é que com eles juntos eu posso ter no anteparo dos dois lados? Aqui... Olha, a Bia tá dizendo o seguinte, aqui ele se divide, certo? Aí vem pra cá e vem pra cá. Quando chega aqui, se eles se juntam, como a Bia tá falando, eu teria que ter observação em um único anteparo, mas eu consigo medir nos dois ao mesmo tempo.</i>			Dando forma	
82	Bruna: <i>Eu estava pensando que ali no meio eles se dividem de novo...</i>				Levantamento de hipótese
83	Professor: <i>Meninos, por favor!</i>				
84	Bruna: <i>Vai passar uma parte ali e a outra vai por ali, ó [aponta a figura]</i>				Teste de hipótese
85	Professor: <i>Dois que vem pra cá e dois que vem pra cá?</i>			Dando forma	
86	Bruna: <i>Não sei, mas foi o que pensei.</i>				Previsão

Logo no início deste segundo episódio selecionado para análise, nos turnos 69 e 71, após uma brevíssima menção ao que havia sido discutido no ano todo até então, coloca-se muito claramente qual o problema que devem discutir agora: como explicar o fenômeno de interferência, produzido pelo interferômetro de MZ, quando se imagina as interações sofridas por um único fóton. É com falas como as que ali estão colocadas que se nota a intenção do professor em “criar um problema” (MORTIMER; SCOTT, 2002).

No turno 69, o professor explicita o problema quando se refere à luz com “chegamos a uma encruzilhada”. A partir da criação do problema para explicar os fenômenos do interferômetro, um grande número de perguntas, respostas, prosseguimentos evidencia uma abordagem “interativa”. Dos turnos 71 até o 86 o professor interage com os alunos fazendo perguntas, explora a visão dos estudantes, não coloca nada como certo, permite a investigação, contrapõe ideias, dialoga com as posições

dos alunos. Esta postura discursiva evidencia uma abordagem além de interativa, dialógica.

Esta abordagem dialógica entre o professor e os alunos, no decorrer do problema, aparece de maneira forte pelas perguntas e respostas. O professor intervém predominantemente “dando forma” às respostas dos alunos. A partir da questão feita e refeita pelo professor, os alunos começam a explicitar indicadores de AC no levantamento de hipóteses (SASSERON, 2008), acenando para possíveis explicações, ou melhor, hipóteses que revelam claramente a tentativa de trazerem evidências a serem consideradas de modo a conseguirem fundamentar a explicação para o fenômeno que estão investigando.

Diferentemente do que ocorreu no primeiro episódio analisado, agora, devido à pergunta colocada pelo professor, ou seja, devido à problematização por ele criada no intuito de que os alunos busquem relações entre as variáveis importantes do processo investigado, as interações entre professor e alunos se configuram como sendo do tipo “interativas-dialógicas”. Este fato traz suporte à ideia de que um ciclo argumentativo (SASSERON; CARVALHO, 2011) ocorre na construção de significados em sala de aula na interação entre professor e alunos: tendo, anteriormente, explicitado as informações e discriminado as variáveis relevantes para o fenômeno em questão, trata-se, agora, de promover debate que leve os alunos a tecerem relação entre estas variáveis: é este o problema no qual se baseia esta aula e, portanto, é por este motivo que as interações são agora dialógicas, uma vez que o conceito-chave da aula está ainda em construção pelos alunos.

Os dois episódios têm natureza de discurso distinta, como se observa nas classificações dos discursos do professor e dos alunos. Ao analisar o discurso do professor, por um lado, e os indicadores da AC presentes na fala dos alunos, por outro, verifica-se, nos dois episódios, confluências nas categorias e nos momentos de interação. No primeiro episódio, o discurso interativo de autoridade predomina na ação do professor. Ele, lembrando os alunos sobre os conceitos das aulas anteriores, molda significados, marca, faz questões referentes à aula anterior e introduz a estória científica. Lembra o conceito de interferência e os fenômenos ocorridos no interferômetro de Mach-Zehnder. Os alunos, em resposta a esta interação, apresentam uma grande quantidade de indicadores de explicação e classificação, exatamente pelo trato com os dados. Sob essa

ótica, parece relevante o discurso interativo de autoridade como um momento de tomada de consciência dos dados do problema, que se tornará fundamental para a criação de um argumento. Diferente de uma primeira impressão, nem sempre o discurso de autoridade representa um momento imperativo do professor pelos alunos; neste caso, revelou-se crucial para o desenvolvimento da aula. Além disso, parece que foi importante diante da intenção do professor, pois, naquele momento, sua intenção era introduzir o problema e, para isso, assumir o discurso e orientar o desenvolvimento da aula para a construção de um problema em um momento posterior.

Tanto parece verdadeira a importância da intenção do professor no discurso que, no segundo episódio, ao criar constantemente o problema da explicação para as linhas de interferência para o modelo quântico, o professor estabelece uma abordagem comunicativa dialógica, pois quer que os alunos tentem explicar como as linhas de interferência aparecem no modelo quântico. Vê-se aqui uma coerência, caso a abordagem fosse de autoridade, o problema seria resolvido ou interrompido diante de uma visão unilateral. E, como consequência da proposição constantemente problematizadora no discurso, os alunos são impelidos a responder, discutir, a elaborar hipóteses, testá-las e argumentar. Trata-se, portanto, de uma conclusão importante: na medida em que se propõe um problema, as possibilidades de resolvê-lo aparecerão pelos alunos. Assim, para um ensino de Física se iniciará um processo de investigação, comum ao ensino de Física, que leve o aluno a argumentar e, consequentemente, à Alfabetização Científica.

Uma observação ainda acerca da interatividade entre professor e alunos é a de que muitos dos indicadores de classificação usados por Mortimer e Scott (2002), para o professor, são manifestados também pelos alunos. No turno 32 do primeiro episódio, por exemplo, a aluna Bruna intervém junto à sala checando um significado. Chama a atenção é que este tipo de intervenção, na proposta de Mortimer e Scott (2002), está intrinsecamente associada ao professor como intermediador da argumentação, mas aqui, na fala da aluna, configura-se como uma forte evidência de que o discurso em sala é, de fato, dialógico, e não só o professor opera o discurso. Sob este aspecto, ainda preliminar, é possível se traçarem desdobramentos em outras pesquisas para verificar as ocorrências dos indicadores discursivos de Mortimer e Scott (2002) nas falas especificamente dos alunos.

O pesquisador verifica ainda, diante dos dados, que momentos de introdução requerem a retomada de dados e dos conhecimentos dos alunos acerca do assunto, isto foi mostrado no primeiro episódio. Momentos de criação de problema repercutem em elaboração e teste de hipóteses por parte dos alunos, exatamente na tentativa de resolver o problema proposto, como demonstrado no segundo episódio. Observando o caminho destes dois episódios em relação à proposta da aula, parece haver um caminho mais amplo do discurso e de possibilidades de indicadores da alfabetização diferentes no decorrer da aula. Tendo em vista que os dois episódios situam-se em uma mesma aula, dois momentos distintos do ponto de vista discursivo podem estar contidos dentro da proposta da aula.

Uma retomada conceitual demandou aspectos discursivos diferentes da criação de um problema, da discussão ou de uma sistematização. Estes são elementos relacionados ao Ciclo Argumentativo operantes no desenvolvimento da aula, quer dizer, um caminho de acordo com as intenções amplas do professor pode demandar a utilização de determinados indicadores das interações discursivas. Deve-se levar em conta, entretanto, a estrutura da sequência didática para este caso em particular. Ao que tudo indica é válido, contudo, dar continuidade a esse olhar em projetos futuros.

Outro aspecto que merece atenção é o fato de que, em todos os episódios e em toda a aula, a abordagem interativa demanda perguntas e, mesmo com intenções diferentes, a pergunta se torna o elemento pelo qual o professor caminha para o desenvolvimento da aula. Pretende-se dedicar a este assunto em pesquisas futuras, tentando entender como as perguntas em específico podem ser usadas no conjunto das interações discursivas entre professor e alunos.

Por fim, conforme se tentou encaminhar, por meio do referencial adotado, o discurso do professor na sala de aula e a resposta a esse discurso, por parte dos alunos, estão intimamente ligados. Por se tratar de um fenômeno comunicativo, a sala de aula é um ambiente de diálogo, de interação e de troca. Além dessa perspectiva, tentando relacionar o discurso do professor com a fala dos alunos, depreende-se uma relação de causa e efeito entre estes dois para os objetivos da aula e com o aparecimento de aspectos da Alfabetização Científica. Há, portanto, indícios de que a utilização de determinados tipos de discurso ajuda a promover a Alfabetização Científica dos alunos. Com esse pressuposto basilar do Ensino de Física, pode-se dirigir olhares mais próximos para as características do discurso do professor, tais como: suas perguntas, seus gestos, sua forma

de abordagem etc. E, neste sentido, abre-se uma possibilidade de pesquisa que pretendemos investigar.

1.4 RETORNANDO AO PONTO DE PARTIDA

Essas pesquisas indicam não só um processo de construção compartilhada e coletiva do conhecimento, como também um engajamento dos alunos em uma aula dialógica, colaborando e expressando dúvidas acerca de seus entendimentos. Os trabalhos elencados apontam para uma aprendizagem significativa a partir de uma sequência de ensino investigativa, promotora de argumentação em sala de aula que possibilite a enculturação científica. Também norteiam perguntas elaboradas nas interações em classe que corroborem para tal desenvolvimento.

2 ARGUMENTAÇÃO: O DISCURSO DOS ESTUDANTES E A APROPRIAÇÃO DE CONCEITOS

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), a escola é um dos poucos lugares em que os alunos têm a possibilidade de contato com o conhecimento físico formal e de compreensão do mundo. Além de considerarem que a linguagem deva ser promotora de significação e sentido (BRASIL, 1999). Desta maneira, é imprescindível promover o aprendizado de conhecimentos científicos pelos alunos de modo que expressem suas opiniões e desenvolvam uma visão mais crítica e atuante no mundo (BRASIL, 1999). Diversos pesquisadores relatam a relevância dada à ciência em nossa sociedade, embora esta não se traduza na forma como ela é ensinada. Para Leitão e Damianovic:

Ao engajar-se em argumentação o indivíduo é levado a formular claramente seus pontos de vista e fundamentá-los mediante a apresentação de razões que sejam aceitáveis a interlocutores críticos. Mais que isso. Uma vez que o argumentar só se faz pertinente em situações em que pontos de vista divergentes em relação a um tema são (ou poderiam ser) considerados, espera-se ainda de quem argumenta disposição e capacidade de considerar e responder a dúvidas. (LEITÃO E DAMIANOVIC, 2011, p.).

As autoras apontam que se tem observado o aumento do interesse no papel que a argumentação pode desempenhar em situações de ensino-aprendizagem. Citam diversos trabalhos, a saber: Andrews; Hertzberg (2009), Andriessen; Baker; Suthers (2003), Baker (2009), Clark; Sampson; Weinberger; Erkens (2007), Erduran; Jiménez-Aleixandre (2007), Mirza; Perret-Clermont (2009), Nussbaum, (2008), Schwarz, (2009), entre outros que corroboram tal assertiva. Também afirmam que esse aumento nas pesquisas se deve ao reconhecimento de que a argumentação promove nos sujeitos processos essenciais à construção do conhecimento e ao exercício da reflexão. De acordo Sasseron e Carvalho,

apesar da grande importância da ciência em nossa cultura, e sendo o objetivo da escola básica a formação de cidadãos que possam interagir com o mundo em que vivem, a ciência que é apresentada nas escolas não reflete nenhum dos aspectos da ciência como desenvolvimento humano, muito ao contrário a tradição do ensino científico, quer no curso fundamental, quer no médio, obriga os alunos a memorizar *os conhecimentos já comprovados*, que não são usados nem nas próprias classes de ciências. Essa dicotomia entre o que é ciência e como ela está sendo ensinada, desde os primeiros anos do ensino fundamental até o final do curso médio, tem levado os pesquisadores em ensino de Ciência, assim como os planejadores de currículo, a uma reflexão do processo de alfabetização, ou enculturação, científica, tecnológica e ambiental, apontada na literatura atual como condição fundamental para que os indivíduos participem de forma crítica

e consciente na sociedade contemporânea (SASSERON; CARVALHO, 2008a, p.)

Autores como Driver, Newton e Osborne (1999), Mortimer e Machado (1996), Capecchi e Carvalho (2000), Capecchi, Carvalho e Silva (2002), Capecchi (2004), Carmo (2006), dentre outros, discorrem sobre o conceito de “enculturação científica”, afirmando que este se faz presente somente quando o aluno consegue compreender e utilizar parte da linguagem, dos métodos e das práticas da cultura científica que, com a cultura que já possui, criam novas visões de mundo e ampliam as que já possuíam, ou seja, quando ele consegue se apropriar da cultura científica. Mortimer (1994 apud CARMO, 2006) constata que o ensino de ciências leva o aluno a adquirir novos conhecimentos sem eliminar os que já possuía e, a partir dessa nova situação, sabe utilizar o que for mais adequado de acordo com o contexto.

Lemke (1998a, 1998b) ressalta, como característica do aprendizado de ciências, a apropriação, pelo aluno, do discurso científico. A utilização apropriada da linguagem da ciência, de acordo com o contexto, indica um crescimento em relação a seu discurso anterior em vez da simples substituição. Para Sasseron e Carvalho (2008a), a linguagem argumentativa é uma das principais características do processo de construção de ciências e, por isso, recorrem a estudos apresentados por Latour e Woolgar (1997) e a Latour (2000), que apontam a presença da linguagem argumentativa tanto em laboratórios quanto durante a apresentação de trabalhos, seja em congressos ou em artigos publicados. Segundo estes últimos, é através da argumentação que os cientistas convencem os outros sobre a importância de seus trabalhos, a verdade do que dizem e a necessidade de investimentos no financiamento de seus projetos.

Essa capacidade de argumentação segue um padrão estudado por Toulmin (2006), onde apresenta a estrutura básica que compõe a argumentação e quais as relações que existem entre seus componentes. Para o autor, os fatos (**dados – D**) apoiam uma alegação e fundamentam o suporte à **conclusão (C)** a ser apresentada. Segundo Toulmin, percebemos que a “asserção original apoia-se em fatos apresentados que se relacionem a ela.” (TOULMIN, 2006, p. 140). Também compõem a estrutura as **garantias (W)**: informações necessárias e adicionais, que relacionam **D** e **C**, e permitem entender como um argumento passa dos dados às conclusões. As garantias são informações gerais e hipotéticas, podendo ser regras ou princípios, sem, no entanto, serem informações novas.

O autor ainda apresenta o **qualificador modal (Q)**, para as situações em que dado, garantia e conclusão são insuficientes para a aceitação de um argumento. O qualificador modal é “a força que a garantia empresta à conclusão” (TOULMIN, 2006, p. 153), geralmente um advérbio. Em oposição, **as condições de exceção ou refutação (R)** contestam as suposições elaboradas e fazem com que a garantia perca força. De acordo com Sasseron e Carvalho, “os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada justificativa, completando a ‘ponte’ entre dado e conclusão” (SASSERON; CARVALHO, 2008b, p.).

Como último elemento componente dessa estrutura, Toulmin apresenta o **conhecimento básico (B)** que sustenta a garantia do argumento, avalizando e dando autoridade a esta. O padrão proposto por Toulmin, a partir desses elementos, é o que está apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Padrão de argumento completo

Fonte: Toulmin (2006).

Em sua obra, o autor diferencia alguns elementos da argumentação, a partir da análise de diferentes campos, como lei, política, ciência etc. Afirma que alguns argumentos são de características invariáveis, quando são os mesmos em todos os campos, enquanto outros são de características dependentes, quando variam com os campos. Vários outros pesquisadores, como Lawson (2000, 2002, 2003, 2004), Jiménez-Aleixandre, Reigosa Castro e Álvarez-Pérez (1998), Locatelli (2006) analisam as estruturas de pensamento e de argumentação e ampliam o padrão proposto por Toulmin ou sugerem alternativas a este.

Carvalho e Sasseron (2010) afirmam que podemos inferir algumas relações sobre a linguagem na Ciência, mas, principalmente, sobre o seu papel e sua estrutura. De acordo com as autoras:

A primeira é que a Linguagem da Ciência é uma linguagem argumentativa, isto é, não se faz Ciências sem se argumentar sobre os fenômenos, sobre os ‘fatos científicos’, pois é necessário apresentar uma argumentação com justificações para transformar fatos em evidências. A segunda é que a argumentação científica obedece a uma estrutura muito particular de pensamento e que podem ser vistas como produção basicamente hipotético-dedutiva. A terceira é que as justificativas e/ou as explicações estão relacionadas aos campos de conteúdos que estão sendo pesquisados, isto é, depende do contexto. (CARVALHO; SASSERON, 2010, p.)

De acordo com Lemke

além do processo argumentativo na linguagem verbal, quer oral quer escrita, existem outras características da linguagem científica cujo entendimento é importante para a compreensão do processo de construção das ciências... Para fazer ciência, para falar ciência, para ler e escrever ciência, é necessário lidar e combinar em formas regradas discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráfico-visuais e operações motoras no mundo “natural” (incluindo humano como natural) (LEMKE, 1998a, p. 3).

Na afirmação de Lemke, o que se depreende é que, nas ciências, são necessários tabelas, gráficos, figuras e outros elementos matemáticos, além da linguagem verbal, durante o processo de argumentação. Roth (2002), ao analisar o trabalho de cientistas em laboratório, observou que estes não fazem distinção entre os objetos sobre a lâmina de um microscópio, a imagem virtual na ocular ou no monitor e os gráficos correspondentes, quando vão explicar seu objeto de estudo. Ao olhar para o gráfico, o cientista “enxerga” o objeto de estudo.

O autor afirma que um cientista, ao olhar para uma tabela, gráfico ou figura, enxerga seu significado, ou seja, o fenômeno que está estudando. Ele denominou de “transparência” esse fenômeno, fazendo analogia entre o uso de óculos por um míope e a utilização de gráficos, tabelas e outras ferramentas científicas por investigadores. Para esse autor é importante ressaltar que o uso competente dos gráficos requer uma familiarização com os processos que levam à sua construção. O sujeito deve dominar as ferramentas de que faz uso na transformação de seu objeto de pesquisa.

Lemke (1998b) esclarece que o professor deve levar os alunos a compreender os caminhos que ele (professor) faz para combinar e integrar as diferentes linguagens. E não apenas fazer com que os aprendizes sejam capazes de construir um sentido para cada linguagem separadamente. Essas linguagens podem cooperar ou especializar-se. Em sua pesquisa Márquez et. al. (2003 apud CARMO, 2006) afirmam que as diferentes linguagens

e seus recursos podem *cooperar* quando duas ou mais linguagens atribuem o mesmo significado ao mesmo fenômeno, representando funções semelhantes; ou *especializar* quando duas ou mais linguagens atribuem um significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções distintas (MÁRQUEZ et. al., 2003 apud CARMO, 2006). Especialização e cooperação podem ocorrer de acordo com o contexto.

Rivard e Straw afirmam que “fala e escrita são modalidades complementares” e que “uma estratégia instrucional incluindo ambas deveria aumentar a aprendizagem mais do que usando uma das duas modalidades de linguagem sozinha” (RIVARD E STRAW, 2000, p.). Obtêm conclusões ainda mais precisas sobre o efeito que a escrita e a fala podem trazer à aprendizagem:

A fala é importante para compartilhar, clarificar e partilhar ideias científicas entre os pares enquanto fazem questões, levantam hipóteses, explicam e formulam ideias; juntos, todos parecem ser importantes mecanismos durante as discussões. O uso da escrita parece ser importante para refinar e consolidar estas novas ideias com os conhecimentos prévios. Estas duas modalidades parecem ser dialéticas: a fala é social, divergente e produtiva, enquanto a escrita é pessoal, convergente e reflexiva. Além disso, a escrita parece aumentar a fixação do conhecimento coconstruído ao longo do tempo. (QUEM? p. 588 apud SASSERON, 2008, p. 49).

Convém enfatizar que a argumentação científica não se restringe à linguagem oral e à escrita. Como o estudo dos autores demonstra, outras linguagens a compõem. Assim, o ensino de Ciências deve propiciar aos estudantes essa utilização. Por sua vez, o professor também deve sistematicamente fazer uso da especialização e da cooperação entre as diversas linguagens, para que os alunos sejam capazes de utilizar ferramentas matemáticas, de forma “transparente”, na construção de sua argumentação.

2.1 ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Do mesmo modo que Lemke (1998b) e Sutton (1997), Jiménez-Aleixandre e Diaz de Bustamante (2003) destacam que diferentes pessoas podem atribuir significados diferentes a uma mesma palavra. Dessa forma, focalizam sua pesquisa nos processos por meio dos quais os discursos são construídos. Os autores elucidam que o discurso dos alunos nas aulas de ciências contribui para uma compreensão mais geral dos processos de aprendizagem das ciências e defendem, assim, um ensino de Ciências não somente voltado para a exploração de fenômenos, mas no qual haja possibilidade de desencadear

argumentações em aula. “Por **argumentação** entende-se a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes.” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003, p. 360, grifo meu).

Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez e Duschl (2000) procuram distinguir os momentos em que as ações dos alunos evidenciam diferenças entre a cultura científica e a cultura escolar, ou seja, momentos em que os estudantes “falam e fazem ciência” e momentos em que realizam tarefas de aula. Para Sasseron e Carvalho (2008c, p. 337), o instrumento de análise desenvolvido por estes autores “apresenta um conjunto de operações epistemológicas que mostram as relações entre diversas fontes e formas de ações para se fazer ciência” e pode ser sintetizado no Quadro 4.

Quadro 4 – Operações epistemológicas

Indução		Procura por padrões, regularidades
Dedução		Identificação de exemplos particulares de leis, regras
Causalidade		Relação causa-efeito, procura por mecanismo, predição
Definição		Manifestação de entendimento de um conceito
Classificação		Agrupamento de objetos, organismos de acordo com critérios
Apelo a	Analogia Exemplo Atributo Autoridade	Apelo a analogias, exemplos ou atributos como uma forma de explicação
Consistência	Com outro conhecimento Com experiência Compromisso com consistência Metafísica	Fatores de consistência, particular (com a experiência) ou geral (necessário para explicações similares)
Plausibilidade		Afirmação ou avaliação de seu próprio conhecimento ou do conhecimento dos outros

Fonte: Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez e Duschl (2000, p. 768 apud SASSERON; CARVALHO, 2008c, p 337).

Villani e Nascimento (2003) destacam que o argumento é atividade social, ocorre por meio de interações discursivas e depende do contexto no qual está inserido. Um enunciado ou comunicado, por meio linguagem, poderá ser considerado um argumento ou não de acordo com a situação na qual aparece. Segundo os autores, um enunciado apresentado de forma isolada pode não representar um argumento a princípio. No entanto,

quando estiver inserido em um discurso e submetido a um determinado contexto e for constituído por um ou mais posicionamentos, com a intenção de obter a aprovação de um ponto de vista particular, será considerado como argumento. Vale destacar que o argumento existe quando a linguagem é utilizada para justificar ou refutar uma ideia, um conceito ou uma opinião numa aula de Ciências.

Candela (1998) evidencia a forma como a interação discursiva em torno do conteúdo constrói dialeticamente um contexto argumentativo que propicia elaborações de outras aproximações ao significado, enfatizando a importância da contextualização para construção de argumentos no ensino de Ciências. Para essa investigadora, os alunos se apropriam de novas formas de se expressar, com mais confiança, independência de ideias e atitudes científicas baseadas na postura do professor, à medida que práticas discursivas são incentivadas durante as aulas. No entanto, as situações de conflito representam um modo de envolver os alunos na busca de recursos discursivos para validação de seus argumentos sobre os conteúdos de ciências. Afirma que a diversidade de argumentos sempre será mais rica que opiniões uniformes.

Capecchi, Carvalho e Silva (2002) enfatizam, em relação à contextualização, que uma mesma afirmação pode ter diferentes significados em diferentes contextos, portanto, isto deve ser levado em consideração em análises que buscam informações sobre discursos argumentativos em sala de aula. Para Villani e Nascimento (2003), a opinião está em constante evolução e depende dos outros. Usando a definição de Philippe Breton (1996), de que a opinião é um conjunto de crenças, de valores, de representações de mundo e da confiança nos outros, que um indivíduo forma para ser ele mesmo.

Os autores destacam a relação entre argumentação e opinião, afirmam que a primeira será considerada argumento quando aparecer como um ponto de vista possível ou como confrontação de vários pontos de vista, ou seja, quando é utilizada na linguagem para convencer um ou mais interlocutores. Um argumento ocorre, então, quando uma opinião é utilizada na tentativa de persuadir um ou mais interlocutores sobre determinado ponto de vista a respeito de uma situação, ou seja, quando se tenta convencer outrem que determinado ponto de vista é correto (justificando) ou não (refutando). Asseveram que todo argumento contém pelo menos uma opinião e a opinião precede o argumento, pode existir sem ser necessariamente um argumento. Para os autores, pode haver uma opinião sem que

haja um argumento. Os autores diferem ainda opinião de informação, aquela possui um caráter mais subjetivo, enquanto a informação busca a objetividade.

Driver e Newton (1997) apontam algumas limitações do modelo proposto por Toulmin, sugerindo a necessidade de sua adequação ou ampliação. Segundo os autores, o modelo não conduz a julgamentos sobre a verdade ou adequação do argumento sendo necessária incorporação de conhecimento específico a análise. Destacam ainda que a argumentação acaba aparecendo de forma descontextualizada e seus aspectos interacionais não são explicitados.

Capecchi, Carvalho e Silva (2002) fazem uso dessas categorias para identificação de componentes de argumentos dos alunos numa análise de duas cenas, em um episódio de ensino extraído de uma sequência de aulas, em que alunos do primeiro ano do ensino médio estudam o funcionamento do forno de micro-ondas. E concluem que os argumentos passam a ter níveis de qualidade baseados na sua complexidade e na complexidade das interações entre diferentes ideias. Essas categorias, criadas dentro de uma proposta de desenvolvimento de argumentos em sala de aula, visando uma enculturação em ciências e considerando o aspecto de construção coletiva do conhecimento científico, valorizam a presença de teorias conflitantes e as sínteses nas discussões em sala de aula.

As autoras afirmam que a utilização isolada das categorias de Driver e Newton (1997) é insuficiente para análise por não permitir o estabelecimento de diferenças entre os tipos de justificativas apresentadas pelos alunos em suas falas, ou seja, todas elas receberiam a mesma classificação e não haveria distinção entre uma justificativa baseada no senso comum e aquela baseada em conhecimentos adquiridos na escola. Utilizaram o padrão de Toulmin (1958) para identificação de elementos constituintes de argumentos individuais. O modelo de Toulmin (2006), já citado, tem sido adaptado e vem sendo amplamente utilizado em estudos na área de pesquisa em Educação, apresentando-se como um importante e eficiente instrumento de análise na investigação sobre a argumentação dos alunos em aulas e situações de ensino de Ciências.

Driver e Newton (1997), Jiménez-Aleixandre, Reigosa Castro, Álvarez-Pérez (1998), Capecchi e Carvalho (2000), Capecchi, Carvalho e Silva (2002), Villani e Nascimento (2003), Capecchi (2004), Carmo (2006) e muitos outros pesquisadores têm se valido desse modelo de Toulmin em seus trabalhos e investigações, de forma a contribuir

significativamente para sua consolidação como um importante instrumento de análise adaptado a diversas situações de ensino.

Para Capecchi e Carvalho, além de ser uma ferramenta bastante eficaz para identificar a estrutura de argumentos científicos, o modelo proposto por Toulmin “pode mostrar o papel das evidências na elaboração de afirmações, relacionando dados e conclusões, através de justificativas de caráter hipotético” (CAPECCHI; CARVALHO, 2000, p.). Os autores também afirmam que: “Se os alunos puderem entrar em contato com argumentos completos, prestando atenção nestas sutilezas, possivelmente estarão compreendendo uma importante faceta do conhecimento científico” (CAPECCHI; CARVALHO 2000, p. 175).

Há, contudo, a necessidade de interpretação do texto e algumas considerações que devem ser observadas com muita atenção: a mesma afirmação ou posicionamento podem apresentar significados diferentes de acordo com o contexto; declarações implícitas e de relevância para a estrutura do argumento podem ser informadas por meio do contexto; para identificar componentes e características de um argumento são necessários exames de longas seções do texto, já que as conversas em sala de aula não se desenvolvem necessariamente de forma linear; outras formas de linguagem, além da oral, devem ser observadas atentamente, como a gestual, por exemplo, visto que podem apresentar e constituir elementos essenciais de um argumento.

Em sua tese de doutorado, Sasseron (2008) aglutina as habilidades listadas pelos autores acima em três blocos e os denomina de *Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica*, pois percebe em sua pesquisa a convergência entre as diversas classificações propostas. A investigadora define que:

o primeiro destes três eixos estruturantes refere-se à **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais** e concerne na possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplicá-los em situações diversas e de modo apropriado em seu dia-a-dia. [...] O segundo eixo preocupa-se com a **compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Reporta-se, pois, à ideia de ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. [...] O terceiro eixo da AC compreende o **entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente**. Trata-se da identificação do entrelaçamento entre estas esferas e, portanto, da consideração de que a solução imediata para um problema em uma destas áreas pode representar, mais tarde, o aparecimento de um outro problema associado. (SASSERON, 2008, p. 65, grifos da autora).

A pesquisadora aponta que a relevância do primeiro eixo reside na necessidade de se compreender conceitos-chave a fim de chegar ao entendimento até mesmo de pequenas informações e situações cotidianas; o segundo eixo contribui para o “comportamento assumido por alunos e professor sempre que defrontados com informações e conjunto de novas circunstâncias que exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de tomar uma decisão.” (SASSERON, 2008, p. 65); e, finalmente, o terceiro eixo diz respeito à compreensão das aplicações dos saberes constituídos pelas ciências, ponderando-se as possíveis ações advindas de sua utilização. Para a autora, é a escola a responsável por garantir o trabalho com este último eixo e, em sua pesquisa, defende:.

[...] a existência de **indicadores da Alfabetização Científica** capazes de nos trazer evidências sobre como os estudantes trabalham durante a investigação de um problema e a discussão de temas das ciências fornecendo elementos para se dizer que a Alfabetização Científica está em processo de desenvolvimento para eles. (SASSERON, 2008, p. 66, grifo do autor).

Além dos indicadores propostos, em sua pesquisa, afirma ser esperado

[...] encontrar entre os alunos do EF: o **raciocínio lógico** compreendendo o modo como as idéias são desenvolvidas e apresentadas. [...] E o **raciocínio proporcional** que, como o raciocínio lógico, dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento, além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas. (SASSERON, 2008, p. 67-68, grifos do autor).

Para verificação desses indicadores, utiliza-se do padrão proposto por Toulmin. O Quadro 5, a seguir, apresenta os indicadores propostos em sua pesquisa.

Quadro 5 – Indicadores propostos por Sasseron (2008)

Indicador	Explicação
Seriação de informações	Lista ou relação de dados não necessariamente ordenados.
Organização de informações	Ocorre quando as informações são arranjadas.
Classificação das informações	Caracteriza-se pela ordenação dos elementos trabalhados e ocorre quando se busca o estabelecimento de características para os dados.
Levantamento de hipóteses	Suposições acerca de um tema.
Teste de hipóteses	Colocação à prova das suposições anteriormente levantadas.
Justificativa	Garantia para uma afirmação/proposição proferida.
Previsão	Associação de acontecimento para predição de uma ação e/ou fenômeno.
Explicação	Relacionamento entre informações e hipóteses já levantadas. Normalmente acompanhada de justificativa e previsão.

Nesta pesquisa, *na identificação da argumentação dos alunos*, consideram-se os indicadores apresentados por Sasseron (2008). Será empregado como instrumento o padrão proposto por Toulmin, conforme afirmam Nascimento e Vieira, “[...] o uso do padrão propicia uma série de possibilidades analíticas, apesar de reconhecermos algumas de suas limitações importantes quando da sua aplicação em situações de sala de aula” (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, p.). Ainda segundo os autores,

o padrão foi incapaz de servir a tal propósito [efetuar uma análise de procedimento e estratégias de validação de argumentos pelo formador] por se tratar de uma estrutura analítica que não leva em conta questões contextuais e de assimetria entre os locutores. (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, p.).

No entanto, ressaltam que

Toulmin não se propôs a contemplar em seu padrão questões contextuais e de assimetria entre interlocutores; antes ele estava fundamentalmente preocupado com questões de validade da estrutura lógica interna dos argumentos, de forma que pudessem ser julgados segundo esse critério. (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, p.).

Finalmente, concluem que, apesar das ressalvas, o padrão proposto por Toulmin é um instrumento bastante complexo e útil para análise do ciclo argumentativo.

2.2 PROMOVENDO ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

A revisão da bibliografia, nesta pesquisa, tem demonstrado que a argumentação possui grande relevância na promoção da aprendizagem e do desenvolvimento do pensamento reflexivo. Considerando-se, então, essa relação – argumentação,

aprendizagem e desenvolvimento do pensamento crítico – deve-se reforçar a importância que as práticas de sala de aula voltadas para a argumentação assumem. O papel do professor – e de todos os agentes no ambiente de sala de aula – também deve ser considerado. Como afirmam Leitão e Damianovi, “o engajamento em argumentação sobre tópicos curriculares exige dos participantes um contínuo esforço de formulação explícita e fundamentação de seus pontos de vista” (LEITÃO; DAMIANОВI, 2001, p.). As autoras afirmam que:

ao fazê-lo, abrem-se para o participante oportunidades não só de expansão e elaboração do seu entendimento do tema (conteúdo) sobre o qual argumenta, mas, também, de compreensão e apropriação de formas de raciocínio características do campo do conhecimento em que aquele se insere. Por outro lado, a necessidade de examinar e responder a perspectivas contrárias (contra-argumentação) impele o argumentador a avaliar (‘testar’) a força e sustentabilidade de suas próprias afirmações, à luz de críticas e ideias alternativas trazidas pelo oponente. O diálogo entre pontos de vista, que se estabelece na argumentação, confronta os participantes com múltiplas perspectivas acerca de um mesmo tópico, possibilitando-lhes, portanto, exame, compreensão e apropriação de uma multiplicidade de posições sobre o tema (LEITÃO; DAMIANОВI, 2011, p. 42).

Para desenvolvimento desta tese, foi realizado um aprofundamento na revisão dos trabalhos que se têm debruçado sobre esses dois aspectos da argumentação em sala de aula: a promoção da aprendizagem – como já apontada pelos inúmeros autores citados – e as práticas e ações dos agentes dentro da sala de aula que possibilitem ambiente propício ao desenvolvimento da argumentação. Em uma pesquisa feita em Galiza, na Espanha, envolvendo alunos com idades entre 14 e 15 anos do nono grau (ensino médio), Jimenez-Aleixandre et al (2000) analisam os discursos presentes em uma aula de genética, distinguindo o “fazer lição” ou “fazer escola” do “fazer ciência”. Nessa última predominam os discursos argumentativos, que no trabalho são analisados a partir do padrão de argumentação de Toulmin, complementado por outros quadros de análise.

As seis aulas analisadas tiveram duração de uma hora cada, ocorreram em duas semanas consecutivas. Os dados foram coletados a partir das gravações em vídeo dos trabalhos realizados em grupos de quatro alunos, seguidos das discussões envolvendo toda a classe. As aulas foram planejadas para gerar argumentação, já que o funcionamento normal nas escolas da Espanha não favorece o diálogo entre alunos e entre professor e alunos. A pobreza da argumentação em ambientes de ensino sem intervenção já havia sido mostrada pelos autores, o que justificou, nessa pesquisa, um uso deliberado de situações ancoradas em problemas que exigem dos alunos uma troca intensa de

argumentos. As situações propostas centraram-se em problemas autênticos de aprendizagem, nas quais os alunos eram incentivados a fazer perguntas, rever seus conhecimentos à luz de evidências, justificar suas respostas para os colegas, analisar e interpretar dados, buscar e comparar soluções e a justificar suas escolhas.

A referida pesquisa faz parte de um grande projeto com o qual se busca compreender as situações de ensino e de aprendizagem a partir da argumentação que elas promovem, assim como subsidiar a construção de contextos eficazes para promover a argumentação e o diálogo. Para os autores, a argumentação tem significativa importância na compreensão e no aprimoramento do ensino e da aprendizagem de ciências, pois é por intermédio do exercício do argumento que os alunos constroem explicações científicas para os fenômenos observados. Além disso, a argumentação é uma das principais formas utilizadas pelos cientistas na produção do conhecimento, tanto no trabalho cotidiano que envolve troca de ideias, explicações, confrontos, quanto na comunicação científica que envolve igualmente trocas e confrontos em outro patamar e na escala global da produção científica. Sendo assim, e considerando que a aprendizagem da ciência na escola deve incluir as formas como a ciência é construída, vê-se justificado duplamente o foco na argumentação.

Como enfatizado pelos autores, o objetivo central do trabalho foi encontrar padrões discursivos entre os estudantes quando resolvem um problema em aulas de ciências, buscando clara distinção entre os momentos em que eles “fazem escola” e os momentos em que “fazem ciência”. Esse objetivo está vinculado a outro, muito mais amplo e profundo, que é o de subsidiar a construção de currículos que favoreçam o desenvolvimento do pensamento científico e que permitam um monitoramento disto, tanto pelo professor quanto pelos próprios alunos. Esse objetivo se desdobra em três, explicitando as buscas e as análises feitas pelos autores. São eles: 1. identificar ocorrências em que os alunos estão a “fazer ciência” ou a “fazer escola”; 2. nos casos em que “fazem ciência”, que tipo de argumentação e de relações são utilizadas; 3. identificar o uso de operações epistemológicas pelos alunos (explicação de procedimentos, relações causais e analogias) típicas do domínio da ciência. O objetivo nas operações epistêmicas se justifica pelos objetivos cognitivos do ensino, que deve estar direcionado para a compreensão de estruturas de conhecimento.

O estudo mostrou que em condições normais de aula, onde predomina a exposição feita pelo professor, os diálogos quase não acontecem. As mudanças que devem ser implementadas para favorecer o diálogo entre os alunos não se restringem ao currículo ou às estratégias de ensino. Elas requerem um ambiente de aprendizagem caracterizado pela investigação, em que os alunos sejam frequentemente colocados diante de problemas a serem resolvidos. No ensino por investigação assim concebido, a argumentação ocupa papel central, e nela estão presentes tanto elementos relativos à forma e estrutura dos argumentos quanto os elementos epistêmicos, próprios do conhecimento científico. No entanto, como foi possível evidenciar pelo estudo, as formas de argumentação relacionadas ao conhecimento científico não são naturais em sala de aula. Para que ocorram, é necessário construir um ambiente de ensino e de aprendizagem que estimule e exija dos alunos a resolução de problemas, o relacionamento de dados e a busca por explicações.

Os autores também concluem que, devido à complexidade do assunto tratado – genética –, devido também à existência e persistência de conhecimentos de senso comum, à exigência de conhecimentos sobre probabilidades, entre outros, seria necessário um maior número de aulas para que os alunos fossem, de fato, introduzidos em um ambiente de investigação. Como fica evidenciado nessa e nas demais pesquisas até agora citadas, uma das principais implicações para a pesquisa em ensino de ciências é a necessidade de utilização de uma variedade de abordagens e de instrumentos para a compreensão dos discursos da sala de aula.

Uma das propostas de construção de ambientes de ensino e de aprendizagem baseados na investigação, que nesta pesquisa tomamos como fundamento, são as Sequências de Ensino por Investigação – SEI (CARVALHO, 2013). No capítulo seguinte haverá um aprofundamento das principais pesquisas que subsidiaram as propostas de ensino por investigação, extraindo delas, questões e diretrizes metodológicas que orientaram o olhar deste trabalho.

3 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI): O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A experimentação em sala de aula tem sido objeto de estudo de várias pesquisas. Há, por exemplo, pesquisas que apresentam críticas sobre a abordagem empregada nas atividades práticas (SHILAND, 1999; HODSON, 2005); outras que fazem revisões sobre os trabalhos desenvolvidos sobre o tema (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; BAROLLI et al., 2010); ou sobre propostas alternativas para as atividades práticas (FURIÓ et al., 2005; CAAMANO, 2005; DOMIN, 2007; SUART; MARCONDES, 2008; 2009); ou ainda sobre a importância das atividades experimentais (ASSIS et al., 2009).

Muitas dessas pesquisas apontam a ênfase dada pelo professor ao produto, à realização das atividades experimentais em detrimento do processo de desenvolvimento dessas. Dessa maneira, os professores não exploram etapas envolvidas nos experimentos – como a coleta e a análise dos dados – de forma a contribuir para os alunos elaborarem suas conclusões e, conseqüentemente, construir seus conhecimentos. Hodson (1994) afirma que as atividades práticas deveriam ser direcionadas para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos, permitindo que eles evidenciem os fenômenos e construam ou reconstruam suas ideias a partir das observações, discussões e análises dos resultados.

Do mesmo modo, para Zuliani (2006), as atividades experimentais deveriam priorizar o desenvolvimento de práticas centradas em processos criativos e cognitivos do aluno, propiciando a ação deste como construtor de seu próprio conhecimento. De acordo com esses autores – assim como para inúmeros outros – nesse contexto, o uso da investigação, guiada pelo professor e fundamentada no modelo construtivista de aprendizagem, é um caminho eficaz para o uso da experimentação.

Bybee (2000 apud HOFSTEIN; LUNETTA, 2004, p. 31) considera as atividades experimentais de ciências um importante meio para apresentar aos estudantes os conceitos centrais da ciência e as habilidades científicas. Segundo o National Research Council dos Estados Unidos

Investigação é uma atividade multifacetada que envolve a realização de observações, a elaboração de questões, o exame de livros e de outras fontes de informação do que já é conhecido para o planejamento de investigações, a revisão do que se sabe à luz da evidência experimental, o uso de instrumentos para coletar, analisar e interpretar os dados, a proposição de respostas, explicações e previsões e a comunicação dos resultados. Investigar requer a identificação de pressupostos, o uso do pensamento crítico e do raciocínio lógico, e a consideração de explicações alternativas (NRC, 1996, p. 23, tradução livre)

As atividades experimentais centradas na investigação apresentam um maior potencial para a aprendizagem dos alunos, tanto no que se refere ao entendimento conceitual quanto na compreensão da natureza da ciência e são particularmente importantes em face das propostas de ensino e aprendizagem por investigação, como afirmam Hofstein e Lunetta (2004) e preconiza o documento *National Science Education Standards* (NRC, 1996), sendo fundamental para o desenvolvimento da alfabetização científica.

Apesar de diversas denominações, tais como: investigação guiada, iniciação científica, ensino baseado na pesquisa, investigação por descoberta, aprendizagem e ensino indutivo (SPRONKEN-SMITH et al., 2007), há uma opinião consensual sobre o que constitui a aprendizagem baseada na investigação: uma abordagem que permite aos estudantes construir o próprio conhecimento. A aprendizagem baseada na investigação pode ser apresentada por meio de uma atividade estruturada e guiada pelo professor, com diferentes níveis de exigência aos alunos, desde questões e orientação para a resolução do problema, até uma investigação independente, em que os alunos elaboram as perguntas e determinam como pesquisá-las (SPRONKEN-SMITH et al., 2007).

Nesta pesquisa, foi dada ênfase à aprendizagem baseada na investigação por meio de uma sequência de atividades de ensino que visa à promoção de interações discursivas em sala de aula. Algumas características são comuns às várias abordagens de ensino por investigação, tais como: a abordagem centrada no aluno, em que o foco do ensino está voltado para a aprendizagem dos mesmos; a aprendizagem ativa, ou seja, guiada por

questões e problemas; o desenvolvimento de habilidades de controle da própria aprendizagem, de maneira que os alunos assumam mais responsabilidade por seu próprio aprendizado; e uma base teórica construtivista, que propõe aos alunos construir o seu próprio significado da realidade e o próprio conhecimento, ao invés do conhecimento imposto ou transmitido pela instrução direta.

O ensino por investigação traz três pressupostos básicos que deveriam ser considerados no planejamento de atividades dessa natureza. O primeiro diz respeito aos alunos sentirem-se interessados em participar da investigação e, para tanto, sugere-se iniciar a atividade com uma ou mais questões que sejam do interesse dos alunos. O segundo pressuposto se refere a que os aprendizes tenham oportunidades de elaborar hipóteses para explicar o fenômeno que está sendo estudado. O terceiro é relativo à troca de ideias entre os alunos e o professor, por meio do diálogo, tendo o professor o papel de orientador. *A priori*, os alunos devem compreender que as atividades desse tipo são diferentes da tradicional, visto que a atuação do professor deixa de ser a de transmitir informações e que devem participar ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Portanto, a atuação é do aluno, e não do professor, na condução da sua própria aprendizagem (BIANCHINI, 2011).

Na pesquisa já mencionada (JIMENEZ-ALEIXANDRE et al., 2000), assim como em trabalhos anteriores realizados pelo mesmo grupo (BUGALLO RODRÍGUEZ; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 1996), ficou evidenciado que em condições normais de ensino de ciências, nas quais predominam as exposições pelo professor, são muito limitadas as oportunidades de participação dos alunos por meio de intervenções discursivas. Para potencializar essa forma de participação dos alunos, essencial para a construção de seus conhecimentos científicos, os autores propõem um *design* de aulas baseadas na investigação, ancoradas na resolução de problemas. Algumas características do ensino por investigação defendido pelos autores podem ser inferidas a partir das intervenções que promoveram no trabalho do professor para que os alunos tivessem espaço para argumentação. O elemento essencial, como já citado, é a necessidade de que os alunos sejam colocados diante de problemas autênticos, para os quais tenham de apresentar soluções. As soluções dadas por todos os grupos são confrontadas, e a partir delas os alunos justificam suas escolhas. As ações do professor não podem se limitar a apresentar o conteúdo e a responder perguntas, e na maioria dos casos, convém justamente

evitar esses procedimentos. Propor problemas, devolver perguntas, redirecionar o olhar dos alunos, ajudar na elaboração de hipóteses, coordenar as discussões entre os grupos, avaliar as hipóteses construídas, são algumas das ações do professor mais desejáveis no ensino por investigação.

Para Canal et al. (2006), o processo de ensino e aprendizagem por investigação propicia a formação de atitudes e capacidades. Segundo os autores, o modelo da investigação na escola, de acordo com seus componentes ideológicos e científicos, aceita como próprio um conjunto de princípios didáticos: a autonomia, a interdisciplinaridade e a comunicação. Em relação à autonomia dos alunos, consideram indispensável a vivência de situações que sejam próprias para o desenvolvimento de sua personalidade e de uma conduta autônoma para que construam suas aprendizagens significativas. Em relação à interdisciplinaridade, dificilmente os alunos baseiam sua aprendizagem na lógica interna de cada disciplina, cabendo ao professor estabelecer essas conexões, de forma a adequá-las ao objeto de estudo a ser investigado. Já, no que diz respeito à comunicação, trata-se do fluxo de informações produzidas durante a aula e a interação social entre os alunos.

Os autores, ainda, indicam outros aspectos positivos em relação à utilização da investigação como método de ensino, tais como: potencializar indagação colaborativa, o trabalho em equipe e a unificação do currículo escolar; facilitar o desenvolvimento profissional do professor e a aprendizagem funcional do aluno; trabalhar com um currículo baseado no estudo de problemas que interessam à comunidade educativa (CANAL et al., 2006). Neste contexto, se o professor organizar uma atividade experimental que apresente ao aluno uma situação problema de seu interesse, oriente as discussões em busca da resolução do problema para que eles participem do processo investigativo, ou seja, elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, criar argumentos na análise dos dados e por fim elaborar suas conclusões, terá alcançado os objetivos de uma aula experimental investigativa. E essa, por sua vez, privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e do raciocínio lógico dos alunos.

Para Carvalho et al. (1999), os experimentos investigativos são uma forma de privilegiar a participação do aluno na construção do conhecimento. Essa participação pode ocorrer a partir de uma questão problematizadora de interesse do aluno, seguida de atividades que possam permitir o engajamento deles nas discussões, no processo de elaboração de hipóteses, na análise dos dados, sob a mediação do professor, conduzindo-

os à construção dos conceitos. Desse modo, os autores explicam que para uma prática experimental ser considerada de investigação as atividades propostas aos alunos não devem limitar-se à manipulação ou à observação, mas apresentar um problema a ser resolvido, pelo menos em parte, pela experimentação, abrangendo reflexões, discussões, ponderações e explicações, ou seja, envolver os alunos em ações com características de uma investigação científica (CARVALHO et al., 1999).

Carvalho et al. (1999) chamam de “Laboratório Aberto” atividades que envolvem o aluno na resolução de um problema, solicitando a elaboração de procedimentos experimentais para o teste das hipóteses formuladas visando a solução do problema. Esse tipo de atividade busca sempre a solução de uma questão e, para os autores, essa busca pode ocorrer em seis momentos: proposta do trabalho, levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem dos arranjos experimentais e coleta de dados, análise dos dados e conclusão.

Ademais, os autores defendem que atividades experimentais demonstrativas podem trazer uma contribuição para o ensino de ciências quando envolvem uma investigação acerca do fenômeno demonstrado, isto é, tornando-se uma atividade investigativa, apresentando uma situação problema e um planejamento que contemple a elaboração de hipóteses, a análise dos dados, conclusões, bem como questionamentos. Apontam ainda diferenças entre as atividades experimentais apenas demonstrativas e as de caráter investigativo. Enquanto as primeiras têm o objetivo de ilustrar a teoria, de comprovar um conteúdo já ensinado ou em estudo, as últimas buscam problematizar o assunto a ser estudado a partir de uma questão que desperta a curiosidade e orienta os alunos sobre as variáveis proeminentes para o fenômeno estudado. Nesse contexto, os autores consideram que o professor passa a ter um papel de questionador, conduzindo as perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes levantem suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema. Por sua vez, os professores necessitam dispor de fundamentos e referenciais teóricos que auxiliem na explicação dos conceitos específicos e devem ficar atentos à utilização de uma linguagem apropriada aos alunos (CARVALHO et al., 1999).

Para Azevedo (2004), uma atividade de investigação deve fazer sentido para o aluno, ou seja, ele deve saber o porquê de estar sendo investigado o fenômeno a ele apresentado. Desse modo, a autora considera fundamental a apresentação de uma questão

ou um problema aberto, pelo professor, como ponto de partida para a criação de um novo conhecimento. De acordo com a pesquisadora, a resolução de problemas é uma forma de promover a participação do aluno no processo de construção de seu próprio conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. Assim, pode ser um instrumento capaz de proporcionar aos alunos o desenvolvimento de habilidades e capacidades, tais como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Ainda, segundo a autora, a resolução de problemas não se restringe ao conhecimento de fatos e conceitos, pode servir para a aprendizagem de outros conteúdos, como atitude, valores e normas que abrangem e favorecem a aprendizagem desses conhecimentos.

Furió et al. (2005) declaram que as atividades práticas realizadas nas universidades, tradicionalmente, são conduzidas para a comprovação de teorias, conceitos ou leis anteriormente ensinadas em sala e, muitas vezes, são realizadas pelos estudantes sem terem clareza do que executam. Nesse contexto, os pesquisadores apresentaram uma proposta alternativa a esse modelo, tendo com ponto de partida um planejamento visando os aspectos principais de uma investigação científica, para orientar o processo dialógico entre uma atividade prática tradicional (titulação ácido-base) e uma prática investigativa a partir da resolução de problemas de interesse dos alunos.

Os autores sugerem, nesse trabalho, o planejamento preciso do problema; a construção de hipóteses suscetíveis de serem contrastadas; a elaboração de estratégias diversas de contrastes, incluindo o planejamento e a realização de experimentos; a interpretação dos resultados à luz das hipóteses, dos conhecimentos teóricos e dos resultados de outras investigações; e a comunicação do trabalho realizado (artigos, encontros e intercâmbios com outros pesquisadores, congressos). Os pesquisadores relataram que a integração da teoria e da prática é um requisito epistemológico necessário, mas para que os futuros químicos se familiarizem com os aspectos essenciais das atividades científicas, há necessidade de transformar as atividades práticas habituais, em situações problemas abertas e de interesse dos estudantes, a fim de possibilitar o desenvolvimento de habilidades e destrezas semelhantes às que são empregadas em uma investigação (FURIÓ et al., 2005).

Caamano (2005) apresentou uma proposta de atividade investigativa para o desenvolvimento do modelo atômico-molecular a partir da resolução de problemas em um curso de química. As atividades práticas adotadas nesse curso eram experiências

interpretativas e investigações do tipo teórico-prática no desenvolvimento e aplicação dos modelos fundamentais em química, ou seja, roteiros fechados do tipo receituário. O pesquisador sugeriu o planejamento em cinco fases, na perspectiva de uma atividade investigativa, que deveriam ser consideradas quando se pretende determinar o valor de uma propriedade para o desenvolvimento de um modelo. Essas fases são: a aproximação e percepção do problema (contextualização pelo professor e entendimento pelo aluno); o planejamento (procedimento experimental e os cálculos); a realização (montagem experimental e tratamento numérico); a avaliação (valorização e a análise dos dados obtidos) e a comunicação (elaboração de relatório ou relato oral). Segundo o autor, a construção de um modelo transcorre por meio de perguntas, que podem ter diferentes graus de abertura, dependendo das estratégias de investigação empregadas.

Para o pesquisador, um dos aspectos relevantes do trabalho residiu na sugestão de questões que os professores poderiam fazer aos alunos, de forma a estabelecer um diálogo para planejem em conjunto a investigação e a possibilidade de um roteiro menos aberto a ser apresentado pelos próprios alunos, seguido de uma intervenção do professor. (CAAMANO, 2005). Apesar de encontrar dificuldade no que tange ao tempo para sua execução e à necessidade de mudança de mentalidade do professor, o autor sugere o desenvolvimento desse tipo de atividade, pois os professores poderiam perceber que as atividades práticas investigativas despertam, com maior intensidade, a motivação e a criatividade dos alunos e apresentam maior eficácia na aprendizagem conceitual e procedimental da ciência (CAAMANO, 2005).

Leite e Esteves (2005), em pesquisa realizada junto a universitários portugueses do último curso de formação de professores de Física e Química, questionaram o tipo de formação vivenciado pelos professores de ciências em relação a aspectos cognitivos e afetivos que permitissem adquirir competências necessárias para abordar os conteúdos de maneira mais adequada em sala de aula. Os pesquisadores concluíram que os futuros professores não demonstraram capacidade crítica nem sentiram, em suas análises, a falta de evidências nas atividades práticas a serem desenvolvidas em sala de aula, que poderiam envolver os alunos na coleta e análise dos dados e que pudessem contribuir para a construção de argumentos e a elaboração de conclusões. Os autores ressaltaram a importância de discutir junto aos futuros professores as funções e finalidades das

atividades de laboratório, contribuindo para a implantação das orientações curriculares do Ensino Básico (LEITE; ESTEVES, 2005).

Barolli et al. (2010) fizeram uma revisão dos trabalhos nacionais e internacionais dos últimos 40 anos, em torno do laboratório didático, baseando-se em cinquenta artigos publicados em revistas especializadas na área de ensino de ciências, que explicitavam o debate em torno das funções atribuídas ao laboratório. Esta pesquisa destaca o trabalho de Tamir (1989 apud Barolli et al., 2010, p. 91), que enfatiza a importância do laboratório para o desenvolvimento de atitudes práticas básicas, tais como observar, estimar ordens de grandeza e estabelecer inferências; o de Woolnough e Allsop (1985 apud Barolli et al., 2010, p. 91) focaliza os objetivos dos trabalhos práticos em termos do desenvolvimento de um *feeling* para os fenômenos naturais e a resolução de problemas; o de Millar e Driver (1987 apud Barolli et al., 2010, p. 91), onde se consideraram que as tarefas procedimentais dependem do contexto e do conteúdo e que aprender a observar, por exemplo, exige informações específicas em domínios particulares do conhecimento.

Em relação aos trabalhos sobre o laboratório como ambiente cognitivo fértil para o aprendizado de ciências, foram destacados os trabalhos de Hodson (1996 apud Barolli et al., 2010, p. 96), Hofstein e Lunetta (2004), Tsai (2003 apud Barolli et al., 2010, p. 96), Sebastiá (1987 apud Barolli et al., 2010, p. 96) e Richoux e Beaufls (2003 apud Barolli et al., 2010, p. 96). No primeiro trabalho, o pesquisador tenta organizar a diversidade das atribuições dadas ao laboratório didático, tendo em vista categorias mais amplas: ajudar os alunos a aprender ciências, a aprender sobre ciências e a aprender a fazer ciências.

Hofstein e Lunetta (2004) investigaram os métodos alternativos de avaliação dos estudantes que fossem mais apropriados às características pedagógicas de laboratório. Já, Tsai (2003 apud Barolli et al., 2010, p. 96) e Sebastiá (1987 apud Barolli et al., 2010, p. 96) procuraram conhecer as representações dos alunos e dos docentes relativas ao trabalho de laboratório. No trabalho de Richoux e Beaufls (2003 apud Barolli et al., 2010, p. 96), foram comparados os planejamentos das atividades realizadas pelos professores, identificando as razões estabelecidas por eles na seleção de seus trabalhos práticos.

Para Barolli et al. (2010) identificaram que as investigações têm priorizado o estudo de possibilidades do laboratório como instrumento de aquisição de conhecimento,

em detrimento do conhecimento da realidade do laboratório didático. Ressaltam a necessidade de mais estudos sobre o laboratório enquanto ambiente de aprendizagem, uma vez que apresenta um ambiente cognitivo tão fértil e legítimo como qualquer outra situação de ensino.

Hofstein e Lunetta (2004) destacam alguns fatores que dificultam o aprendizado de ciências na escola, como: 1. os procedimentos de laboratório como "livro de receitas" a serem seguidos ritualisticamente sem o envolvimento cognitivo dos alunos em relação aos propósitos da investigação; 2. a dificuldade de incorporação de atividades do tipo investigativa devido às limitações de recursos (incluindo os tecnológicos) e pela falta de tempo dos professores para buscar informações, desenvolver e implementar essas atividades no currículo; 3. o número de alunos por sala; e 4. o foco dos exames externos.

Domin (2007) mostra que o alcance do conhecimento está relacionado à forma de instrução de laboratório empregada e podendo restringir o processo de aprendizagem, e identifica uma diferença fundamental entre a instrução expositiva e a baseada em problemas para promover o desenvolvimento cognitivo. Ao promover uma abordagem dedutiva, mostrou que os dois estilos podem ser capazes de afetar o desenvolvimento conceitual. Entretanto, na pesquisa, os participantes afirmaram estar mais engajados cognitivamente ao participarem da atividade experimental no ensino baseado em problemas, enquanto que perceberam seu envolvimento ao elaborar o relatório quando participaram da instrução expositiva.

Suart e Marcondes (2008) investigaram as habilidades cognitivas manifestadas por alunos do primeiro ano do ensino médio em uma sequência de atividades experimentais investigativas em um ambiente construtivista de ensino de química. Portanto, foram analisadas as respostas escritas dos alunos, as interações verbais entre os alunos e o professor e as questões propostas pelo professor. As autoras basearam-se nos trabalhos de Zoller et al. (2002) e Zoller e Pushkin (2007) para classificar as habilidades cognitivas manifestadas pelos alunos e no de Shepardson e Pizzini (1991 apud SUART; MARCONDES, 2008) para classificar a exigência cognitiva das questões propostas. Os resultados da análise de uma sequência de quatro aulas para a construção do conceito de densidade evidenciaram uma grande participação dos alunos na elaboração de hipóteses e respostas de alta ordem cognitiva, porém o número de respostas de baixo nível cognitivo prevaleceu. Também, verificaram que o nível cognitivo das respostas elaboradas pelos

alunos estava relacionado ao nível cognitivo das questões propostas pela professora. Ou seja, quando a professora questiona os alunos para recordar um conceito, as respostas dos alunos são condizentes com o nível exigido. Entretanto, quando a professora exige a capacidade de avaliação ou de elaboração de respostas, os alunos apresentam raciocínios de alta ordem cognitiva. De modo geral, os alunos conseguiram utilizar corretamente o conceito de densidade em situações problemas, bem como participaram da análise e da elaboração de hipóteses em novas situações não familiares a eles propostas pela professora (SUART; MARCONDES, 2008).

Em outro trabalho, Suart e Marcondes (2009) investigaram as habilidades cognitivas manifestadas por alunos da primeira série do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa sobre os fatores que poderiam interferir na temperatura de ebulição de um material. A sequência das aulas para a construção do conceito de temperatura de ebulição foi dividida em três etapas: pré-laboratório, laboratório e pós-laboratório. Na primeira, a professora discutiu com os alunos alguns dos conceitos primordiais para o desenvolvimento e a compreensão do problema proposto: quais fatores afetam a temperatura de ebulição de um material? Os alunos, em grupo, propuseram hipóteses para o problema e elaboraram procedimentos experimentais para testar suas hipóteses, sob a orientação do professor. Na segunda, os alunos realizaram o experimento discutido previamente com o professor, coletaram e analisaram os dados, bem como propuseram conclusões. Na última, os grupos de alunos discutiram os resultados com seus pares, sob a orientação do professor, para a conceituação final e as possíveis generalizações.

Os resultados mostraram a grande participação dos alunos na atividade e a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem como elaboração de hipóteses; entretanto, a maioria das respostas foi classificada como habilidades cognitivas de baixa ordem, talvez por se tratar de uma atividade pouco conhecida pelos alunos e por exigir um maior esforço cognitivo dos mesmos em algumas etapas (SUART; MARCONDES, 2009). Segundo Bianchini (2011), o emprego dos referenciais teóricos sobre o ensino por investigação juntamente com a argumentação (OSBORNE et al., 2004 apud Bianchini, 2011, p. 82; Mendonça; Justi, 2009 apud Bianchini, 2011, p. 82) parecem ser relevantes no Ensino de Ciências, na atuação do aluno no processo de investigação (em relação ao levantamento e teste de hipóteses) e na discussão da hipótese com outros alunos e

professores por meio do diálogo (argumentação). Em seu trabalho, Bianchini (2011) afirma que encontrou as mesmas dificuldades apresentadas nos seus referenciais e, por isso, indica ser preciso a preparação do professor ao elaborar e conduzir este tipo de atividade junto aos alunos. Desse modo, o pesquisador defende a necessidade de maior ênfase na formação inicial, para que eles apontem tanto suas potencialidades quanto dificuldades em relação à implantação do método utilizado no minicurso.

Para esse pesquisador, para o professor exercer o papel de mediador nas discussões, ele necessita de experiências neste tipo de atividades. Ao elaborarem minicursos, muitas vezes os professores perceberam que as discussões poderiam não evoluir devido ao nível de exigência conceitual. Segundo o autor, os professores tiveram um papel fundamental, auxiliando a detectar os obstáculos e reorganizar a atividade.

Muitas vezes, os resultados de pesquisas concernentes a esse tipo de atividade experimental não são apresentados e discutidos com os professores e, devido a isso, consideram satisfatório e suficiente o tipo de prática realizado em suas aulas. Os próprios professores afirmam que os alunos gostam e participam das aulas de laboratório, ou seja, é o fazer pelo fazer, pois não consideram a possibilidade de envolver o aluno de forma cognitiva na construção de seus próprios conhecimentos por meio do ensino por investigação.

Como preconizam os pressupostos teóricos apresentados, considerar-se-á nesta pesquisa que as atividades experimentais de natureza investigativa colaboram para a melhoria da aprendizagem dos alunos, visto que os envolvem tanto em seus aspectos operacionais, quanto – e principalmente – no aspecto cognitivo ao participarem das etapas da investigação. Também, contribuem para a interação dialógica entre os alunos e o professor em torno da construção do conhecimento e, dessa forma, os alunos podem se sentir responsáveis por seus próprios conhecimentos, já que o professor assume o papel de mediador dos conhecimentos e não mais o transmissor.

Entretanto, como citado pelas pesquisas, esse tipo de atividade ainda é tida como algo desafiador, tanto para os alunos como para os professores, já que exigem muito mais do que o conhecimento dos conteúdos específicos. Esta revisão, além dos trabalhos descritos, tem apontado, na maioria das vezes, para as pesquisas que são desenvolvidas no Lapef/Feusp.

4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA DESENVOLVIDA

Como explicitado no primeiro capítulo, no trabalho desenvolvido anteriormente (BARRELO, 2010) partiu-se da proposta apresentada por Brockington (2005) – a discussão da dualidade onda-partícula – cujo curso elaborado compõe-se de aproximadamente 52 aulas, divididas em onze temas, a serem ministrados ao longo de um ano letivo, iniciando-se na abordagem do uso dos modelos no cotidiano e na física e concluindo com uma análise e discussão da dualidade onda-partícula.

Barrelo (2010), em parceria com a Dra. Maria Beatriz Fagundes, propõe alterações no tema XI – sobre dualidade onda-partícula – estendendo este conjunto temático de quatro para até onze aulas. Segundo o autor,

A sequência proposta com as alterações surgiu das discussões no grupo de professores, em 2006, e foi desenvolvida em parceria com a Dra. Maria Beatriz Fagundes, que, na época, desenvolvia um projeto de pesquisa de pós-doutorado na Feusp, e já desenvolvera trabalho semelhante com alunos de grau médio em escola técnica da Alemanha (BARRELO, 2010).

Tais modificações visam, basicamente:

- a) maior aprofundamento das discussões sobre o comportamento e a natureza da luz;
- b) a permuta da analogia pessoa-fóton pela montagem e utilização do interferômetro de Mach-Zehnder real clássico. Em outras palavras, a substituição de uma analogia por uma atividade de experimentação;
- c) o uso de uma simulação de computador de domínio público desenvolvida pela Universidade de Munique para extrapolação do experimento para um único fóton.

A sequência permite ao professor optar pela realização completa, ou não, de todos os episódios temáticos, a fim de ajustar seu cronograma de aulas ao calendário escolar.

4.1 EXPLICITANDO A SEI ELABORADA POR BLOCOS

Como afirmam Carvalho et al., “as atividades ocupam um papel fundamental num ensino que tem por objetivo proporcionar condições ao aluno para que ele construa seu conhecimento” (CARVALHO et al., 1995, p.). Dessa forma, uma sequência de ensino, visando tal objetivo, deve conter atividades que apresentem situações problematizadoras,

de questionamentos e de diálogo, que levem a resolução, pelos estudantes, de problemas e à introdução de conceitos. Sob esta perspectiva a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre dualidade onda-partícula foi elaborada para ser desenvolvida em até onze aulas como se segue.

4.1.1 Bloco 1: Atividade da Caixa Preta

A SEI se inicia com uma atividade que pretende apresentar o papel dos modelos no cotidiano e na Ciência, desconstruindo a ideia de que é a detentora da verdade pronta e acabada e mostrando que, pelo contrário, é uma construção humana sujeita a reformulações. Este bloco se desenvolve em uma aula. Segundo Carrasco (1991), as aulas de laboratório devem ser essencialmente de investigações experimentais por meio das quais se pretende resolver um problema. Dessa forma, propõe-se aos alunos que representem mecanismos para explicarem adequadamente o funcionamento da caixa-preta.

Nessa atividade os estudantes observam e manuseiam a caixa. Discutem em pequenos grupos e elaboram um esquema que explique os mecanismos de funcionamento da mesma. Em seguida, os grupos expõem aos demais colegas suas representações, havendo uma discussão mediada pelo professor para validação dos esquemas propostos. A sistematização dos conceitos se dá pela leitura de um texto sobre “modelos na ciência e no cotidiano”; pela resposta ao questionário sobre este e pela correção e organização da discussão pelo professor.

4.1.2 Bloco 2: Efeito Fotoelétrico

O objetivo desse conjunto de três aulas é apresentar aos estudantes a crise que se instaura no modelo ondulatório da luz. O efeito fotoelétrico provoca um abalo na Teoria Ondulatória da Luz e faz ressurgir o Modelo Corpuscular pelas mãos de Einstein, propiciando novos estudos sobre a natureza da luz. Este bloco se inicia com uma revisão, pelo professor, dos modelos corpuscular e ondulatório para a natureza da luz. Em seguida, os alunos são agrupados em duplas para realizarem uma “Simulação para Efeito

Fotoelétrico”, com um roteiro semiestruturado de observações e interações.¹ A utilização da simulação em computador visa que os alunos percebam – ao alterar o comprimento de onda da luz – que o efeito fotoelétrico não acompanha as previsões clássicas da teoria ondulatória.

Na aula subsequente o recurso utilizado é um vídeo da TV Ontário, denominado *Dualidade Onda-partícula – Volume 1*, que versa sobre o efeito fotoelétrico e o comportamento dual da luz. Em seguida, promove-se uma discussão sobre o vídeo e uma análise dos resultados obtidos na simulação. Após as discussões e análises, o professor formaliza as explicações dadas para o fenômeno, enfatizando o abalo que este promoveu na teoria ondulatória. Pode-se afirmar, como sugerem Lewin e Lomascólo (1998), que a simulação é investigativa pois os estudantes foram levados à formulação de hipóteses para explicação da ocorrência ou não do fenômeno como previsto pela teoria, como também proceder a análise dos dados observados em sala de aula. Este bloco se encerra com a leitura do do texto *O Efeito Fotoelétrico e o abalo na Teoria Ondulatória da Luz*, bem como com a resposta às questões propostas ao final deste.

4.1.3 Bloco 3: Onda ou Partícula – Os Fenômenos Luminosos

Este bloco, composto por duas aulas, objetiva em que os alunos percebem e analisam os fenômenos luminosos – reflexão, refração, difração, dispersão, polarização e interferência – e reconhecem as diferenças e as limitações dos modelos para a natureza da luz. Com o apoio de uma apresentação multimídia, o professor inicia a aula com uma exposição dialogada sobre os fenômenos luminosos. Em seguida, solicita aos alunos que redijam um texto argumentativo com sua (deles) opção sobre a natureza da luz: onda ou partícula. Salienta que não há opção correta, mas ressalta a importância de se sustentar essa escolha com subsídios já estudados.

O prosseguimento da atividade se dá pela divisão da sala em dois grandes grupos: um para defesa da opção “Onda” e outro para “Partícula”. Promovido o debate em que cada grupo deve procurar explicar os diversos fenômenos luminosos por sua teoria, o professor retoma a apresentação, sistematizando os conceitos e demonstrando que a

¹ Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>>

Teoria Corpuscular tem dificuldade para explicar alguns fenômenos – como a interferência – enquanto a Ondulatória possui limitações em relação a outros, como o efeito fotoelétrico.

4.1.4 Bloco 4: O Interferômetro de Mach-Zehnder

O conteúdo central das aulas é a montagem, ajuste e observação do interferômetro de Mach-Zehnder. Pretende-se que, neste conjunto de aulas, os alunos notem que as observações em Física são imediatas, ao passo que as hipóteses são feitas *a priori*. Este bloco se desenvolve em duas aulas. O professor apresenta brevemente o interferômetro de MZ e conta um pouco de sua história e origem. Em seguida, divide a classe em dois grupos: um para trabalhar com o interferômetro real clássico e o outro com o interferômetro virtual (no laboratório de informática).

Figura 4 – O interferômetro de Mach-Zehnder

Para o grupo que vai trabalhar com o interferômetro real clássico, o professor apresenta o interferômetro de MZ real clássico e salienta a formação de padrões de interferência complementares chamando a atenção para a validade do modelo ondulatório como modelo adequado para explicar o comportamento da luz. É proposto aos alunos que, em grupo, montem e ajustem o interferômetro de modo a obterem padrões de interferência semelhantes aos observados anteriormente. Os estudantes devem desenhar o esquema do interferômetro numa folha de papel e propor uma explicação para o aparecimento de interferência baseada nas teorias sobre modelo.

O grupo que vai trabalhar com o interferômetro virtual, é encaminhado à sala de informática e faz uso da simulação do interferômetro (*software* livre).

Figura 5 – Imagens do programa de simulação do MZ

Fonte:

Na aula subsequente, há a inversão dos grupos para manipulação do aparato experimental e uso da simulação.

4.1.5 Bloco 5: Finalizando a Sequência – Discussão e Sistematização

Após a montagem e ajuste do interferômetro de Mach-Zehnder (MZ); bem como a manipulação do *software*, na nona aula da SEI, com o auxílio de uma apresentação em multimídia, o professor promove uma revisão com os alunos sobre os aspectos que levaram ao surgimento da Mecânica Quântica e o comportamento anômalo da luz no que tange à sua natureza. Ao final da aula, um texto de apoio é fornecido aos alunos para leitura domiciliar. Na décima aula os alunos são arranjados em um grande círculo para discussão do comportamento da luz no interferômetro e exploração desse arranjo como experimento de pensamento com fótons únicos. O objetivo da aula é estudar a dualidade onda-partícula, o princípio da complementaridade e a noção de superposição de estados quânticos.

A aula transcorre com a mediação pelo professor de discussão sobre as observações no interferômetro, visando buscar argumentações sobre a modelagem do experimento e quais fatores devem ser desconsiderados – ou não – no processo de

modelagem do interferômetro de MZ (transformação do interferômetro real clássico em um interferômetro ideal).

Os estudantes são estimulados a perceber o comportamento “estranho” do fóton e, com o uso de uma apresentação multimídia, o professor apresenta aos estudantes noções básicas da Mecânica Quântica (MQ) e suas interpretações para a natureza e o comportamento da luz, agrupando-as em quatro grandes conjuntos. É promovido um debate em sala, onde cada grupo de alunos deve defender uma das quatro interpretações da MQ para a natureza e comportamento da luz.

O professor sistematiza a aula, salientando que nenhuma das interpretações é totalmente satisfatória para explicar completamente o comportamento do fóton no interferômetro e a proposição de uma nova visão de mundo introduzida pela Mecânica Quântica. Por fim, os alunos respondem a um questionário, como proposto por Brockington (2005), para verificação de aprendizagem. Esta última atividade pode ser desmembrada para uma aula seguinte, caso o calendário escolar permita e o professor deseje aprofundar a discussão com os estudantes. Assim, esse bloco terá duas ou três aulas.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEI

A Sequência de Ensino, desenvolvida em dez ou onze aulas, pressupõe aspectos de ensino por investigação como apresentado por Carvalho et al. (1995), a saber:

- ✓ Percepção de concepções espontâneas, por meio da participação do aluno nas diversas etapas da resolução de problemas;
- ✓ Aproximação de uma atividade de investigação científica;
- ✓ Maior participação e interação do aluno em sala de aula;
- ✓ Valorização da interação do aluno com o objeto de estudo;
- ✓ Valorização da criação da aprendizagem de atitudes e não somente de conteúdos;
- ✓ Possibilidade de criação de conflitos cognitivos em sala de aula.

Ao promover debates e resolução de situações problema, tanto em pequenos grupos quanto em forma de plenária, propicia ao estudante o desenvolvimento da habilidade de argumentação.

São também objetivos da SEI:

- ✓ Incentivar o aluno a refletir sobre a natureza do fenômeno quântico; sobre as implicações filosóficas da física quântica para o desenvolvimento do conhecimento físico e sobre este como construção humana e a noção de realidade.
- ✓ Desenvolver no aluno competências que deverão manifestar-se em suas habilidades para racionar matematicamente (formal), empregar conceitos adequadamente (conceitual) e observar e descrever objetivamente fenômenos físicos (fenomenológica).
- ✓ Estimular o aluno a pensar e a argumentar criticamente desenvolvendo sua capacidade de trabalhar em grupo, socializar seu conhecimento, contrapor opiniões diferentes e expressar-se de maneira clara e direta.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 AS QUESTÕES DE PESQUISA

Esta pesquisa estuda as interações discursivas dos alunos em sala de aula (CARVALHO, 2004) e envolve uma sequência de ensino investigativa de Física. Como exposto anteriormente, o trabalho se pauta por duas pesquisas anteriores; a primeira que buscou verificar, pelo discurso oral e escrito dos estudantes, se eles se apropriam das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz (BARRELO, 2010); e a segunda, que observou as questões feitas pelo professor que promovessem o desenvolvimento da argumentação e da alfabetização científica em sala de aula (SOUZA, 2012).

Como os trabalhos citados se desenvolveram em uma escola com características peculiares por pertencer à Universidade de São Paulo, com turmas reduzidas, alunos já habituados à coleta de dados para pesquisa e à prática de atividades diversificadas, visou-se observar se há breve generalização da Sequência de Ensino Investigativa, confrontando os registros escritos de alunos de escolas, turmas e professores diversos. Pretendeu-se também analisar as interações destes últimos com estudantes dos períodos matutino e noturno.

Em outras palavras, buscou-se analisar dois professores e turmas distintos, atuando em escolas de regiões diferentes da rede estadual de ensino que possibilitaria, então, comparar os professores e as turmas. Todos esses dados poderão ser confrontados com a pesquisa promovida por Barrelo (2010). Podem ser analisadas as interações discursivas que ocorrem em cada aula, ao longo da SEI, verificando qual o papel do professor para promoção da argumentação dos alunos e quais elementos do padrão proposto por Toulmin (2006) estão presentes na fala do professor e dos estudantes.

5.2 OS PROFESSORES, OS ALUNOS E AS ESCOLAS

Na opção por investigar turmas do terceiro ano do ensino médio, considerou-se o conteúdo conceitual a ser trabalhado, o formalismo matemático e as representações gráficas. Ainda sobre o conteúdo trabalhado em sala de aula, foram condições estabelecidas para a pesquisa que a sequência de ensino contasse com atividades de experimentação e

propiciasse aos alunos espaço para discussão, tanto ao longo de seu desenvolvimento como nos momentos de síntese, ressaltando o papel da argumentação na enculturação científica.

Os professores escolhidos – Thiago e William – participam do grupo de pesquisa do LaPef e estão inscritos em programa de pós-graduação. Os docentes estavam aplicando pela primeira vez a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) em suas turmas. Todos atuam em escolas públicas, onde são efetivos no cargo, e privadas da região metropolitana de São Paulo. Os dados foram coletados em duas escolas públicas, de educação básica, vinculadas rede estadual de ensino. O professor Thiago contava, na época da coleta de dados, com uma experiência de 25 anos de magistério e atua em uma escola de Osasco, na região metropolitana de São Paulo. Ao passo que o professor William contava, na época da coleta de dados, com uma experiência de 19 anos de magistério, lecionando em uma escola do sul do município de São Paulo.

Para caracterização dos professores, dos alunos e das escolas, um questionário foi encaminhado a cada professor e este, além de suas informações pessoais, coletou junto à sua unidade escolar as informações descritas a seguir. Com relação à infraestrutura física das instituições, as informações foram obtidas *in loco*. Os índices apresentados foram obtidos nos sítios eletrônicos referenciados.

5.2.1 A Escola de Osasco

A instituição, onde leciona o professor Thiago e foram gravadas as aulas de duas turmas, uma do período matutino e outra do noturno, está situada na Vila Yolanda, município de Osasco, na Região Metropolitana de São Paulo. A instituição conta com cerca de 1.350 alunos distribuídos em três turnos (matutino, vespertino e noturno) com, aproximadamente, 540, 500 e 300 alunos, respectivamente. Está inserida em uma região cujo IDH é 0,818, segundo dados da Fundação Seade/SP. O Idesp (Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo) da escola é 1,65, pouco abaixo da meta estabelecida para 2012 (1,79) pelo governo estadual. Segundo a direção da escola, os índices de evasão e repetência não são significativos.

O Idesp – Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo – é o indicador que avalia a qualidade das escolas estaduais paulistas em cada ciclo escolar e permite fixar metas anuais para o aprimoramento da qualidade da educação no Estado de São Paulo. Assim, o Idesp e as metas norteiam o trabalho da equipe da escola na direção da

melhoria da qualidade do ensino e da gestão escolar, com o apoio da Secretaria de Estado da Educação. A tabela seguinte fornece um panorama dos últimos anos do Idesp da escola; a porcentagem da meta proposta pela SEE para cada ano; o Idesp das escolas que fazem parte da Diretoria Osasco; das escolas do município de Osasco e das escolas do Estado de São Paulo.

Tabela 3 – valores do Idesp para a escola de Osasco

	Escola	Meta	Diretoria	Município	Estado
2008	1,53	0	1,68	1,68	1,95
2009²	2,14	120	1,79	1,79	1,98
2010³	2,06	0	1,66	1,66	1,81
2011⁴	1,60	0	1,68	1,68	1,78
2012⁵	1,65	26,32	1,61	1,61	1,91

Adaptada da Fonte: <http://idesp.edunet.sp.gov.br>

A tabela mostra que no período 2009 e 2010 a escola obteve desempenho superior aos do município e do Estado, tendo um pico de desempenho no ano de 2009, quando atingiu em 120% a meta traçada pela SEE/SP. No entanto, seus índices declinaram desde então, ficando muito abaixo dos valores obtidos pelo Estado nos dois últimos anos e apenas 2% acima do índice alcançado pelo município. Percebe-se também uma oscilação negativa na Diretoria de Ensino à qual a escola está vinculada, isto provavelmente denota que não seja um problema isolado da unidade escolar.

A escola conta com quinze salas de aula; uma biblioteca com um acervo adequado e centenas de DVDs (entre eles, as coleções do DVD Escola); uma quadra; sala para os professores; um laboratório de ciências; sala de vídeo e sala de informática com acesso à internet, embora nem sempre disponível, dada a restrição de horário do Programa Acesso ao Governo Estadual. Todos os ambientes se encontram em bom estado de conservação.

Como toda escola da rede estadual, segue o currículo da Secretaria da Educação contido no programa São Paulo Faz Escola. Os livros didáticos são material complementar aos cadernos de aluno distribuídos pelo Programa. A diretora da escola é efetiva no cargo e atua há longo tempo na Unidade Escolar. A instituição de ensino fomenta e participa de diversos projetos educacionais.

² Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2009/010820.pdf>> Acesso em: 28 abr 2013.

³ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2010/010820.pdf>> Acesso em: 28 abr 2013.

⁴ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2011/010820.pdf>> Acesso em: 28 abr 2013.

⁵ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2010/010820.pdf>> Acesso em: 28 abr 2013.

5.2.1.1 Caracterização do Professor

O professor Thiago é licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, cursa o programa de pós-graduação *strictu sensu* para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências, na modalidade Ensino de Física. Desenvolve atividades relacionadas à pesquisa em ensino e formação de professores no Nupic/LaPef, grupos vinculados à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Além de ser professor efetivo na rede pública de ensino desde 1987. Participa desde 2004 do grupo de pesquisa no LaPEF/USP, inicialmente sob orientação do Prof. Dr. Maurício Pietrocola, tendo colaborado desde então em vários projetos e pesquisas.

5.2.1.2 Caracterização dos Alunos

Os alunos participantes da sequência didática empregada nesta pesquisa possuem idade entre 16 a 20 anos. A maioria tem por objetivo fazer um cursinho e entrar na universidade. Muitos, cerca de 40%, trabalham e, por isso, acreditam que não poderão dar prosseguimento em seus estudos em uma instituição superior. A maioria reside próximo à escola. Foram filmadas aulas de duas turmas, de aproximadamente 45 alunos cada, do 3º ano do ensino médio, com aulas às segundas e terças-feiras, no período noturno.

A escolha destas turmas foi motivada porque os alunos já haviam estudado com o professor que empregou a sequência didática para esta pesquisa e, segundo este, essas turmas tinham rendimento um pouco superior às demais. Além disso, foi registrada pelo professor pequena rotatividade dos alunos, mas as faltas não afetaram o desenvolvimento das aulas.

Os alunos, após a exposição do projeto, aceitaram participar. Aqueles que tinham maioridade civil e os responsáveis dos menores assinaram as autorizações que possibilitaram registrar em filmagens e utilizar as imagens, sons e os produtos das atividades educacionais trabalhadas nas aulas no desenvolvimento e divulgação de pesquisas no ensino de ciências. No depoimento do professor – no registro em vídeo das aulas – não houve problemas disciplinares. As conversas extra-aula dos alunos não prejudicaram o trabalho nem se mostraram exageradas.

5.2.2 A Escola da Zona Sul de São Paulo

A escola estadual da pesquisa encontra-se vinculada à Diretoria de Ensino Sul 2, do Estado de São Paulo, desde 1984, localiza-se na Zona Sul, a 30 km do centro da cidade São Paulo, no distrito do Capão Redondo e atende a aproximadamente 2000 alunos, no Ensino Fundamental II e no Ensino Médio Regular, nos períodos da manhã, tarde e noite. O IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) da região é de 0,782, considerado médio, ocupa a 79ª posição na cidade de São Paulo.

A instituição conta com dezesseis salas de aula; uma biblioteca com um acervo superior a 7.800 livros e centenas de DVDs (entre eles as coleções do DVD Escola); uma quadra; sala para os professores; sala de vídeo; sala de informática; e um endereço eletrônico, mas não existe um laboratório de ciências. Da mesma forma que a instituição de Osasco, segue o currículo da Secretaria da Educação contido no programa São Paulo Faz Escola. Os livros didáticos são material complementar aos cadernos de aluno distribuídos pelo Programa.

A diretora da escola não é efetiva no cargo, apesar de atuar há longo tempo nessa unidade escolar, cujo quadro conta com 88 professores, sendo que seis deles possuem duas graduações; seis com especialização; seis obtiveram título de mestrado e um cursa o doutorado. Desde 1998, a unidade tem registrado o engajamento de professores nos mais diversos programas e projetos que visam à melhoria do ensino. Embora estes projetos tenham possibilitado alguma contribuição no desempenho escolar e na participação de alunos com obtenção de premiação em eventos, os números do Idesp têm oscilado.

A tabela a seguir fornece um panorama dos últimos anos do Idesp da Escola da Zona Sul de São; a porcentagem da meta proposta pela SEE para cada ano; o Idesp das escolas que fazem parte da Diretoria Sul 2; das escolas do Município de São Paulo; e das escolas do Estado de São Paulo.

Tabela 4 – Valores do Idesp para a escola da Zona Sul de São Paulo

	Escola	Meta	Diretoria	Município	Estado
2008	1,42	10	148	1,56	1,95
2009⁶	1,34	0	1,53	1,75	1,98
2010⁷	1,77	120	1,42	1,57	1,81
2011⁸	1,58	0	1,35	1,53	1,78
2012⁹	1,70	66,67	1,43	1,59	1,91

Adaptada da Fonte: <http://idesp.edunet.sp.gov.br>

Percebe-se, pela análise da tabela 4, que a escola vem superando os índices obtidos pelo Município de São Paulo desde 2010 e por sua Diretoria de Ensino, sem, no entanto, conseguir obter valores próximos dos alcançados pelo Estado. Outra constatação é a alternância no cumprimento das metas sugeridas pela SEE/SP – em um ano a escola os atinge (mesmo que parcialmente) e no outro, fica abaixo da expectativa.

O bairro Jardim Campo de Fora, onde a escola se situa, faz parte de uma região que já foi uma das mais violentas de São Paulo. Nas duas últimas décadas esta situação tem se modificado com várias ações da comunidade; com a melhora da condição econômica do país; e com as políticas públicas, como a instalação de terminais rodoviários, corredor de ônibus, linha de metrô, Centro de Educacional Unificado (CEU), várias escolas, prédios e hospitais. Hoje o IDH da região é 0,782.

5.2.2.1 Caracterização do Professor

O professor Wiliam é licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, mestre em Ensino de Ciências, na modalidade Ensino de Física e doutorando pela Universidade de São Paulo no programa de Ensino de Ciências. É docente na Universidade Metodista, atuando nos cursos de Engenharia, Tecnologia e Licenciatura. Desenvolve atividades relacionadas à pesquisa em ensino e formação de professores no Nupic/LaPef, grupos vinculados à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo,

⁶ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2009/902512.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2013.

⁷ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2019/902512.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2013.

⁸ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2011/902512.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2013.

⁹ Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2012/902512.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2013.

desde 2004. Além disso, é professor efetivo na rede pública de ensino desde 1994, tendo lecionado sempre na mesma escola.

5.2.2.2 Caracterização dos Alunos

Os alunos participantes da sequência didática empregada nesta pesquisa possuem idade entre 16 e 20 anos. A maioria tem por objetivo fazer um cursinho e/ou entrar na universidade. Muitos, cerca de 40%, trabalham e, por isso, acreditam que não poderão dar prosseguimento em seus estudos em uma instituição superior. A maioria reside próximo à escola, em comunidades localizadas no Jardim Campo de Fora e no Jardim São Luiz.

Foram filmadas aulas de duas turmas: a 3ª série, turma A, com aulas às terças-feiras, pela manhã, das 7:00 h às 8:40 h; e a 3ª série C, com aulas no período noturno, às sextas-feiras, das 21:30 h às 23:00 h. A escolha destas turmas foi motivada porque os alunos já haviam estudado com o professor que empregou a sequência didática para esta pesquisa e, de acordo com este, essas turmas tinham rendimento um pouco superior às demais. Resultado disto foi que durante as aulas foi registrada pelo professor pequena rotatividade dos alunos, mas não afetaram o desenvolvimento das aulas. Segundo o professor, esse problema foi mais acentuado, no período noturno, principalmente pelo fato de acontecerem nas duas últimas aulas de sexta-feira.

Os alunos, após a exposição do projeto, aceitaram participar. Aqueles que tinham maioridade civil e os responsáveis dos menores assinaram as autorizações que possibilitaram registrar em filmagens e utilizar as imagens, sons e os produtos das atividades educacionais trabalhadas nas aulas no desenvolvimento e divulgação de pesquisas no ensino de ciências. No depoimento do professor, como notado nas aulas filmadas, não houve problemas disciplinares, apenas algumas conversas que não atrapalharam as gravações.

5.3 A SELEÇÃO DAS AULAS PARA ANÁLISE

A opção por investigar turmas do terceiro ano do ensino médio considerou o conteúdo conceitual a ser trabalhado, o formalismo matemático e as representações gráficas. Ainda sobre o conteúdo trabalhado em sala de aula, foram condições estabelecidas para a pesquisa que a sequência de ensino contasse com atividades de experimentação e

propiciasse aos alunos espaço para discussão, tanto ao longo de seu desenvolvimento como nos momentos de síntese, ressaltando o papel da argumentação na enculturação científica.

O principal instrumento de registro de informações foi a gravação da sequência de ensino em vídeo e áudio, levando em conta que o objeto deste estudo reside na argumentação dos alunos. Acrescente-se que foram coletados registros escritos dos alunos, principalmente textos dissertativos. Em todas as aulas foram utilizadas duas câmeras de vídeo: uma fixa, com obtenção de imagens de toda a sala, e outra operada por um técnico de apoio, focalizando os trabalhos dos grupos.

Embora tenha sido gravada a sequência de ensino investigativa completa nas quatro turmas, totalizando 40 aulas, centralizou-se a análise nas aulas 10 e 11, de uma turma de cada professor. Essa escolha é motivada pela finalização SEI investigada, a análise dos registros escritos, em que cada aluno deve responder a um questionário de sistematização, após a discussão e, sobretudo, a possibilidade de comparação com a análise promovida pelas pesquisas anteriores (BARRELO, 2010; SOUZA, 2012) que dão suporte a este trabalho. É importante salientar que outros projetos de pesquisa se desenvolvem em paralelo a este, no Lapef/Feusp, onde serão (estão sendo) analisadas as demais aulas.

Como explicitado anteriormente, para apresentação desta tese, tenciona-se também analisar ao menos uma das turmas em busca de respostas às questões da pesquisa relacionadas ao papel do professor e à promoção da argumentação em sala.

5.4 CRITÉRIOS PARA APRESENTAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE ENSINO

Os episódios de ensino foram recortados da seguinte maneira: inicia-se quando o professor aborda um novo conceito, fenômeno, ou apresenta uma nova questão, e termina quando os alunos apresentam suas explicações ou justificações para aquele conceito, fenômeno ou questão. Por esse motivo, denominá-los-emos de **episódios de ensino conceituais**, dos quais se extraem momentos das argumentações dos alunos para uma análise mais criteriosa em conformidade com os referenciais teóricos.

5.4.1 Resgatando os Instrumentos de Análise

Como exposto, a análise das discussões orais dos alunos apoiar-se-á nos indicadores de alfabetização científica proposto por Sasseron (2008) e no padrão de estrutura proposto por Toulmin (2006), cujas sínteses são reproduzidas na sequência (Quadro 6 e Figura 6).

Quadro 6 – Indicadores propostos por Sasseron (2008)

Indicador	Explicação
Seriação de informações	Lista ou relação de dados não necessariamente ordenados
Organização de informações	Ocorre quando as informações são arranjadas
Classificação das informações	Caracteriza-se pela ordenação dos elementos trabalhados e ocorre quando se busca o estabelecimento de características para os dados
Levantamento de hipóteses	Suposições acerca de um tema
Teste de hipóteses	Colocação à prova das suposições levantadas
Justificativa	Garantia para uma afirmação/proposição proferida
Previsão	Associação de acontecimento para predição de uma ação e/ou fenômeno
Explicação	Relacionamento entre informações e hipóteses já levantadas. Normalmente acompanhada de justificativa e previsão

Figura 6 – Padrão de Argumento

Fonte: Toulmin (2006).

Far-se-á também o uso da categorização proposta por Souza (2012) a fim de analisar se as perguntas feitas pelos professores são promotoras de interação em sala de aula. A análise dos registros escritos visará à observação da apropriação, pelos alunos, das interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz, sistematizadas por Pessoa Júnior (2003), sintetizadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Interpretações da Mecânica Quântica na experiência com interferômetro de Mach-Zehnder

	Interpretação
1. Ondulatória	O fóton se divide em dois “meio-fótons” no primeiro semiespelho do interferômetro. Os dois “meio-fótons” se recombina no segundo semiespelho, assim como as ondas, produzindo o padrão de interferência observado na saída do interferômetro.
2. Corpuscular	O fóton é uma partícula e nunca se divide. Assim, um fóton segue um único caminho, bem determinado, no interior do interferômetro. No semiespelho, o fóton pode ser refletido ou transmitido com a mesma probabilidade.
3. Dualista-Realista	O fóton é composto de duas partes: uma partícula e uma onda associada. Assim, a partícula é como um “surfista” viajando sobre a onda e só pode estar onde existe onda. A onda pode se dividir e se recombinar nos semiespelhos, produzindo interferência. Com isso, após o registro de muitos fótons o padrão de interferência pode ser observado na saída do interferômetro.
Complementaridade	O fóton se manifesta ora como onda, ora como partícula, porém nunca como onda e partícula ao mesmo tempo. O arranjo experimental é que determina a “cara” do fóton. Se se observar o padrão de interferência, interpreta-se o fóton como onda. Se se puder determinar o caminho seguido pelo fóton no interior do interferômetro, diz-se que o fóton se comporta como partícula.

Os resultados alcançados pelos alunos das duas turmas serão confrontados entre si e relacionados com aqueles obtidos na pesquisa de Barrelo (2010) com a intenção de verificar a promoção de uma aprendizagem significativa. Para análise das perguntas promovidas em sala de aula, será adotada a categorização proposta por Souza (2012), conforme a tabela a seguir:

Tabela 5 - Os tipos de perguntas do professor em aulas investigativas de Física

Classificação das perguntas	Descrição	Exemplos
Perguntas de problematização	Remetem-se ao problema estudado ou subjacente a ele dentro da proposta investigativa. Refazem, reformulam de outra maneira, voltam à proposta do problema. Ajudam os alunos a planejar e buscar soluções para um problema e exploram os conhecimentos do aluno antes de eles o resolverem. Levantam as demandas do problema para que os alunos iniciem a organização das informações necessárias para resolvê-lo.	Por que isso acontece? Como explicar esse fenômeno?
Perguntas sobre dados	Abordam os dados envolvidos no problema. Seja evidenciando-os, apresentando-os ou selecionando-os de forma a descartar ou não variáveis. Direccionam o olhar do aluno para as variáveis envolvidas relacionando-as, procurando um grau maior de precisão, comparando ideias, propondo inversões e mudanças.	O que acontece quando você...? O que foi importante para que isso acontecesse? Como isso se compara a...?
Perguntas exploratórias sobre o processo	Buscam que os alunos emitam suas conclusões sobre os fenômenos. Podem demandar hipóteses, justificativas, explicações, conclusões como forma de sistematizar seu pensamento na emissão de uma enunciação própria. Buscam concretizar o aprendizado na situação proposta. Fazem com que o aluno reveja o processo pelo qual ele resolveu o problema, elucide seus passos.	O que você acha disso? Como será que isso funciona? Como chegou a essa conclusão?
Perguntas de sistematização	Buscam que os alunos apliquem o conceito compreendido em outros contextos, prevejam explicações em situações diferentes da apresentada pelo problema. Levam o aluno a raciocinar sobre o assunto e a construir o modelo para explicar o fenômeno estudado.	Você conhece algum outro exemplo para isso? O que disso poderia servir para este outro....? Como você explica o fato..?

Fonte: Souza (2012, p. 46).

6 ANÁLISE

Como explicitado nos capítulos anteriores, este estudo analisará as interações discursivas dos alunos em um conjunto de aulas sobre dualidade onda-partícula. Pretende-se, portanto, comparar a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) em duas turmas de dois professores e duas escolas distintas. Foram feitas as transcrições de todas as aulas gravadas das duas turmas. Os registros escritos dos alunos estão catalogados. Tanto as transcrições quanto os registros comporão os Anexos desta pesquisa.

Nesta análise, procurar-se-á mostrar como os alunos estruturam seus argumentos, retomando, para isso, os referenciais teóricos citados anteriormente. Com particular ênfase na forma como os argumentos são explicitados (TOULMIN, 2006) e verificação da ocorrência dos indicadores de alfabetização científica sugeridos por Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008c). Além disso, será promovido, como proposto por Machado (2012), um exame das perguntas realizadas pelo professor para promoção da Alfabetização Científica.

Após a apreciação das discussões orais e dos registros escritos finais de cada turma, buscar-se-á promover o cruzamento dessas informações entre turmas e professores distintos e estabelecer as correlações de semelhanças e diferenças com os resultados apontados nas pesquisas de Barrelo (2010) e Souza (2012) que motivaram este trabalho.

6.1 UM PANORAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A seguir se discorrerá sobre a aplicação da sequência didática, analisando planejamento e efetivação. Contudo, optou-se por apresentar a dinâmica de apenas um dos professores, pois se verifica que as ocorrências são redundantes em ambos e seu desenvolvimento ocorreu de forma simultânea e semelhante.

Nas aulas do professor William, notam-se alguns marcos à medida que são desenvolvidas junto aos alunos, descritas em seguida em um panorama da aplicação da sequência didática aplicada. Cabe rememorar que os dois professores participaram de reuniões semanais com o pesquisador, relatando a respeito do ocorrido na aula aplicada e

planejando o desenvolvimento da aula posterior. É relevante ressaltar que ambos convergiam sobre a forma de transcorrência das aulas.

Sequência planejada:

AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE/COMENTÁRIOS
1	Modelo na física	Atividade da caixa preta
2	Efeito fotoelétrico	Simulação na sala de informática. Sítio eletrônico: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm . Após breve explicação, é utilizada a simulação alterando o comprimento da onda, e observado a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito fotoelétrico
2		Vídeo e análise da simulação – Discussão
3		Questionário sobre efeito fotoelétrico Entrega de texto para leitura em casa
4	Onda ou partícula	Exposição em ppt sobre fenômenos e explicação como onda ou partícula (apresentacaofoton2904.ppt)
5	Interferômetro	Utilização do MZ real (grupos se dividem)
6		Simulação na sala de informática (applet da Universidade de Munique)
7	Interpretações da Mecânica	Discussão em sala (apresentação em ppt). Texto do Oswaldo ao final da aula para leitura em casa
8	Quântica	Discussão e encerramento
9	Encerramento	Exposição dialogada com filosofia da ciência

6.1.1 A Aula com a Caixa Preta

Na primeira aula, as falas iniciais foram dedicadas às colocações do professor sobre a sequência didática e a forma de trabalho que seria desenvolvida a partir desta aula. Foram cinco turnos, em que se apresentou também o problema a ser investigado naquela aula. Nos turnos que se seguiram, estando a turma já organizada em pequenos grupos, os alunos passaram a trabalhar buscando resposta ao problema proposto pelo professor, “tentar representar no papel, por meio de uma figura ou ilustração, como é que a caixa preta funciona” (T.3).

A forma de apresentação do problema, com várias colocações retóricas, induzia tanto sobre o caráter investigativo das atividades em sala de aula, quanto aos procedimentos a serem empregados, no manuseio da caixa preta. Ao mesmo tempo em que o professor falava, também tinha o objeto de estudo, a caixa preta, em suas mãos, e a apontava, durante suas declarações:

Vocês vão brincar de mexer com isso aqui, vão tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro? Se é que tem alguma coisa aqui dentro? Que explica porque que isso aqui funciona?...

A gente *tá* aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo, então vamos tentar agir da maneira natural mesmo. Se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar, conversem entre vocês em grupo, certamente vocês vão chegar *em* um consenso, *tá* legal?

A partir do turno 6, os alunos assumiram o protagonismo da atividade. As orientações fornecidas se mostraram eficientes, pois além da presença constante do problema, em todas as ações dos alunos até o final do trabalho, eles se voltaram a outras características presentes na caixa preta. Eles desenvolveram uma forma sistemática de se aproximar da resolução do problema: 1) questionando aspectos externos da caixa “A4: Do que será que é feito? (T.11); A3: Tem um prego aqui? (T.55)”; 2) questionando que, se hipoteticamente havia certo elemento na estrutura da caixa, qual seria a função daquele elemento: “A:3: **Pra que será que serve isso?** (T.29); **A2: E qual que é a função do rolete?**”; 3) questionando a posição de cada elemento hipoteticamente sugerido no interior da caixa: “A3: ela *tá* meio *que* presa aqui nos cantos, certo? (T.247); A3: E a mola vai *tá* onde? (T.117)”

Os alunos, além das hipóteses por eles levantadas, testaram um número considerável delas e satisfeitos com o resultado por eles construído, abandonaram o teste de outras. 1) As hipóteses iniciais eram de que havia elementos simples, no interior da caixa: “Eu acho que é uma esponja (T.13); uma mola (T.60); um elástico e uma mola” (T.34), mas, posteriormente, assumiram modelos de coisas mais complexas por eles conhecidas, assumiram modelos mais complexos: “tem um rolete ali dentro (T.62); São as engrenagens (T.78)”.

Confirmando e descartando várias de suas hipóteses, após manusear a caixa, os alunos chegaram à conclusão e se dedicaram a desenhar, o que era parte da proposta da atividade a apresentação de um modelo sobre o mecanismo no interior da caixa. O grupo chegou a um suposto mecanismo, mas o descartou, pois não conseguia ver coerência no teste das hipóteses. Quando o grupo ao lado comenta sobre esse modelo, por eles abandonado, confirmam as hipóteses sugeridas pelo outro grupo, mas falseando estarem de acordo com as declarações que ouviam e, depois, perceberam que haveria outros modelos aceitáveis além daqueles que eles haviam construído.

Os estudantes construíram o desenho do mecanismo por eles elaborado com auxílio dos testes da hipótese colocada e, mais tarde, atendendo ao professor que passava pelos grupos durante a aula, fizeram uma apresentação de suas concepções, dos turnos T.194, ao T. 202. No turno T.202 eles se mostram satisfeitos com a construção por eles desenvolvida e solicitam ao professor que sejam os últimos a apresentarem-na. No turno T.442, as apresentações foram iniciadas com a organização do professor. Cada grupo se dirigiu à frente da sala e expôs seu desenho comentando como construíram aquilo que seria o mecanismo no interior da caixa. Após a apresentação de cada grupo, o professor levantava uma ou duas questões sobre a validade ou não do mecanismo proposto e os demais alunos da sala o validavam ou não. Porém, o grupo aqui acompanhado durante a gravação não teve tempo de comunicar a toda sala sua construção.

Ao finalizar a aula, os alunos receberam um texto sobre modelos empregados na ciência para leitura em casa. A dinâmica desta aula teve um caráter investigativo: várias frações de seu desenvolvimento mostram aspectos de um ensino por investigação. A colocação do problema, pois a aula se construiu a partir dele. Havia uma perene questão motivando o desenvolvimento da aula. Sobre essa característica, Carvalho et al., (1999), Carvalho (2013), Trópia (2011) e Munford (DATA) destacam sua necessidade em uma aula investigativa.

Outra imprescindível característica diz respeito à colocação de hipóteses, sem as quais a aula tende a se desenvolver como mera apresentação de informações. São as hipóteses que possibilitam os debates em torno de sua validação e conferem características dialógicas à aula. No caso desta aula, o afastamento do professor dos grupos auxiliou a forte dialogia presente nas ações de sala de aula, como se depreende das gravações e transcrições. A proximidade do professor poderia trazer ao grupo subsídios de um olhar mais atento e experiente, tanto ao debate, quanto sobre as ações sobre a caixa, no entanto, seu afastamento possibilitou suficiente espaço a cada componente do grupo para suas intervenções nas ideias consideradas.

Outro aspecto importante no ensino por investigação é o fato que ciência se faz empregando vários gêneros de linguagem, como destacou Lemke (1998). Esses alunos tiveram a oportunidade de presenciar, falar, manusear, olhar, desenhar e comunicar ciência. Todas essas ações fizeram parte da epistêmica construção dos alunos.

Construir, debater e posteriormente comunicar aos pares recebendo contribuições e até validações ou não das concepções construídas fazem parte não apenas de um ensino investigativo, mas da rotina de construção científica nos moldes dos simpósios, congressos e eventos de todos os campos das ciências, e em uma escala menor ocorreu nessa aula uma iniciação científica.

6.1.2 A Aula 2

Na aula 2, o professor a iniciou fazendo considerações acerca das construções dos alunos na primeira aula e sistematizou o conhecimento desenvolvido aproveitando, inclusive, as descrições de modelos em diversos campos de conhecimento e nas artes. Essa dinâmica que demandou uma prédica do professor o embalou por uma ação que marcou essa aula. Praticamente a aula conteve a sistematização sobre modelos e as orientações sobre a sequência das atividades, realizada na terceira aula: a utilização do Phet, sobre o modelo fotoelétrico.

O texto de autoria de Bockring (2008), semelhante ao de Choi (2001), descreve as diferenças e semelhanças entre modelos, no uso de ciências, na modelagem de construção de veículos, nas paralelas. Contudo, a principal ideia é propiciar ao aluno a compreensão da construção de modelos e de sua aplicação na ciência. A sistematização consiste em um instrumento de compreensão de conhecimento usado em qualquer forma de aprendizagem em uma aula com ensino por investigação (CARVALHO et al., 1999) ou em uma aula cujo ensino se dê em moldes tradicionais, em cujas ações se concentram na pessoa do professor. O fato de o professor fazer a sistematização não descaracteriza a aula por investigação, embora houvesse outras formas de atuar, inclusive com apresentação dos alunos do estudo do texto e da questão relacionando o texto à aula anterior. Mas na dinâmica de sua sistematização, o professor prosseguiu com a descrição da atividade a ser desenvolvida em seguida: o uso da simulação sobre o efeito fotoelétrico.

Essa aula ocorreu em um ambiente diferente das demais, em uma antessala da biblioteca, ou sala de leitura. As disposições dos alunos na sala estavam longe de ser a habitual devido à limitação física e de mobiliário, no entanto, possuía projetor multimídia que permitiu ao professor fazer a apresentação do simulador para a turma. Nas instruções dadas aos alunos, o professor empregou o discurso oral, sem a participação dos alunos, no qual estava inserida uma série de definições sobre o fenômeno estudado. Naturalmente este

Outras informações foram fornecidas aos alunos e o emprego da simulação foi reduzido a um modo de interagir com o conhecimento diferente dos moldes esperados em um ensino por investigação, pois se tornou uma maneira de assimilar a pré-dica do professor.

6.1.3 A Aula 3

A aula três ocorreu logo após a aula dois, na qual o professor teve de administrar um problema de regência de sala de aula: a ausência do funcionário responsável pela sala de informática e, por isso, passou a usar o único computador da sala. Cada grupo se alocava ao redor da máquina, o professor mais uma vez dizia o que esperava dos alunos e eles desenvolviam a simulação. Neste momento era ainda parte de sua tarefa manter os mais de trinta alunos em razoável ordem enquanto seis deles usavam a simulação.

Figura 7 – Simulador do Efeito Fotoelétrico

Fonte: Universidade do Colorado (disponível na internet)

Cada grupo de alunos desenvolveu uma tabela referente à ação junto ao simulador, o diálogo pautou-se apenas sob a ótica da leitura do *software*. Na pré-dica, mesmo os parâmetros de intensidade, a maneira de deslocar o ícone sobre a palheta que representava as cores, as frequências no simulador foram feitos pelo professor.

13:28	A2: Não, mas a intensidade tem que ser cinquenta.
13:31	A3: Pode já mudar?
13:32	A2: Tem que ser cinquenta né, professor, a intensidade?
13:42	P: Ó, então aqui, ó, basicamente a ideia aqui é a seguinte, ó. Ó, aqui já tá ajustado em cinquenta por cento. Então conforme você vai mudando aqui a frequência, aqui é infravermelho, desse lado aqui é ultravioleta, e aqui é a faixa que a gente enxerga, né, que vai lá do vermelho até o violeta. Vai mudando de pouquinho em pouquinho aqui pra você ir vendo quando a luz que bate aqui consegue arrancar elétron.

13:42	P: Aí o que <i>que</i> vocês vão anotar na folha? Vocês vão anotar, na folha vocês vão anotar assim, ó, é... pra cor tal, vão por assim, cor tal, anota qual é o comprimento de onda, o comprimento de onda é isso aqui ó, <i>tá</i> , ó, oitocentos e trinta e seis. Esse enezinho é de nanômetro, dez a menos nove. Então anota, qual é a cor e qual é o comprimento de onda, e o que <i>que</i> aconteceu. Por exemplo, infravermelho, você já pode anotar, infravermelho, o que <i>que tá</i> acontecendo? Solta elétrons ou não?
-------	---

Nesse recorte vê-se o momento em que um dos grupos iniciou o uso do simulador. Eles questionam se a intensidade deve ser mantida, seguindo a orientação inicial e o professor confirma e repete a orientação mostrando exatamente como variar a frequência no simulador. Mesmo a maneira de anotar e os significados dos símbolos foram indicados pelo professor.

Algumas considerações devem ser feitas sobre essa aula, em particular, o exaustivo preparo para a sua ocorrência: planejamento semanal que ocorria na universidade procurando discutir e moldar a aplicação dessas aulas em moldes de um ensino investigativo; o material já estava preparado e, há aproximadamente cinco anos, tem sido empregado por este professor, até em curso de formação de professores; havia um profissional com câmeras e todo o aparato para gravação e filmagem, no entanto, há problemas que vão além da capacidade de planejar, e, neste caso, foi a ausência do responsável pela sala de informática. O professor teve a configuração de sua aula modificada. A oportunidade de todos utilizarem simultaneamente o simulador por mais tempo tornou-se alguns minutos para cada grupo e, assim, as ações do professor se tornaram mais diretivas para efetivação da aula em uma tentativa de salvar a aula e a programação da sequência didática. Apesar de ter sido desenvolvida a aula e os dados coletados, seu caráter foi modificado.

6.1.4 A Aula 4

Na aula 4 o professor retornou com os alunos à sala de informática e, evidentemente, isto propiciou aos alunos maior tempo de interação com o simulador. Com a tabela da aula anterior em mãos, os alunos tentaram reproduzir as mesmas características registradas na aula 3. Embora a utilização de simulação em informática seja importante e favoreça momentos relevantes na educação, essa aula esteve mais associada ao fazer escola que ao fazer ciência, e revela a frustração da ação não desenvolvida na aula anterior e a tentativa de propiciar interações que certamente se perderam com a dinâmica da aula passada. Por

outro lado, reforça o afastamento de concepções investigativas de aula. O molde de aplicação desta sequência, inicialmente proposto como sequência investigativa agora se afastava do perfil planejado.

6.1.5 A Aula 5

Na aula 5 os alunos foram distribuídos em grupos e responderam a um questionário sobre o efeito fotoelétrico. O professor passou pelos grupos durante a execução dessa atividade interagindo com os alunos e os auxiliando na compreensão e na efetivação da atividade. Um questionário pode ser usado como instrumento de sistematização e, neste caso, aplicado a pequenos grupos possibilitou alguma dialogia, embora tenha maior proximidade das concepções de um ensino tradicional, do fazer escola, quando não acompanhado de um momento de exposição e reflexão em torno das respostas elaboradas.

O professor realiza a sistematização sobre o uso do simulador e das respostas do questionário. Ele retoma à simulação, questionando ações sobre o applet, desta vez de maneira a valorizar um pouco mais as falas dos alunos. Os turnos desta aula mostram maior participação dos estudantes na dialogia em sala de aula. As falas se alternam entre os questionamentos do professor e as respostas dos alunos. Na sequência, o professor fez uma apresentação sobre a natureza da luz, um debate sobre sua natureza, se onda ou partícula, e trouxe ao debate as concepções trabalhadas desde as primeiras aulas.

6.1.6 As Aulas 6 e 7

O planejamento inicial previa que parte dos alunos manipularia os arranjos experimentais (aula 6), enquanto o restante da turma seria conduzido à sala de informática para trabalhar com um applet, simulador do Mach-Zehnder (aula 7). Desta forma, as duas aulas (6 e 7) seriam ministradas simultânea e alternadamente a todo o grupo. Por questões alheias ao planejamento, essas aulas precisaram ser fundidas como descrito a seguir.

Na aula 6, o professor, antes de iniciá-la, desenhou vários subsídios à sua pré-dica sobre o interferômetro Mach-Zehnder. Espalhou três interferômetros na sala, criando estações para o manuseio deste e uma estação com computador para realizar a simulação.

No decorrer da apresentação da sua atividade, dirigia-se ao quadro e apontava as várias representações que acreditava auxiliarem os alunos na compreensão de sua fala. O

professor trouxe ao cenário as diversas concepções que haviam sido abordadas no decorrer das aulas anteriores, mas também forneceu uma grande quantidade de informações para a resolução da atividade. O quanto se fornece de subsídios em aula, deve ser abalizado pelo perfil de ensino pretendido. Para um ensino por investigação essa quantidade de informações deve ser monitorada. O problema deve não apenas ser uma orientação sobre a atividade a se desenvolver, mas um desafio à colocação e teste de hipóteses.

Terminada a fala do professor, os alunos passaram a interagir com o interferômetro, eles estiveram restritos às discussões que possibilitaram a efetivação da montagem da atividade experimental. Cabe destacar que essa montagem não é trivial, mesmo para alunos universitários. Concretizá-la em plena aula é um grande êxito, mas ideal seria que uma atividade como esta pudesse ter sua continuidade até às discussões, o que ocorreu em aula posterior.

6.1.7 A Aula 8

Esta aula se destina à “Sistematização do Mach Zender” e às interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz. O professor a inicia retomando a montagem e o uso do arranjo experimental da aula anterior. A turma é disposta de forma semicircular de modo a participar mais efetivamente das discussões que advirão. Com o auxílio de um projetor multimídia, o professor apresenta aos alunos duas imagens de interferência (uma obtida pelo MZ real e outra a partir do simulador). Pede aos alunos que as comparem, verificando semelhanças e diferenças.

Em seguida, começa a discorrer sobre interferência construtiva e destrutiva. Explica as possibilidades de percurso da luz no arranjo experimental e quais os padrões de interferência que podem surgir no anteparo. Suas perguntas são em grande parte retóricas, exigindo dos estudantes apenas confirmação ou refutação do que está apresentando. Desta forma, não há promoção de um efetivo debate com os aprendizes, como se apresentará adiante na análise da aula. Contudo, os conceitos previstos para a aula são amplamente apresentados, levando os alunos a terem contato com as diversas interpretações da Mecânica Quântica a respeito do comportamento e da natureza da luz. Em alguns turnos consegue-se perceber uma participação mais aprofundada dos alunos e, eventualmente, sua interação com outros estudantes.

Embora a sistematização pelo professor seja importante e possa favorecer a apreensão de conceitos pelos estudantes, novamente essa aula esteve mais associada ao fazer escola que ao fazer ciência, e frustra a possibilidade de propiciar interações alunos-alunos ou alunos-professor que, sem dúvida, promoveriam entre os estudantes o uso da argumentação em sala de aula.

6.1.8 A Aula 9

Esta aula se destina ao registro sistematizado pelos alunos de sua compreensão sobre a natureza e o comportamento da luz. O professor fornece aos alunos um questionário que se inicia com um quadro comparativo das explicações da Mecânica Quântica a respeito da luz e seu comportamento no arranjo experimental. As demais questões se debruçam sobre as escolhas dos alunos e sua argumentação para referendar essas escolhas.

6.1.9 A Aula 10

A aula 10 tem por finalidade a devolução dos questionários e a discussão a respeito dos conceitos trabalhados na SEI. O professor aborda os alunos sobre as respostas dadas ao questionário da aula anterior, esclarece dúvidas e busca construir coletivamente com a classe sínteses acerca dos temas abordados.

6.1.10 Breve Discussão sobre as Aulas

É evidente o compromisso com a efetivação da sequência didática por parte do professor, suas ações muitas vezes alternavam entre a possibilidade de fazer investigação e a necessidade de direcionar a aula. Quem se atreve a desenvolver um ensino por investigação precisa compreender que algumas características de perspectivas de um ensino tradicional podem e devem ser relegados em virtude dos benefícios de uma concepção investigativa, principalmente os debates sobre a natureza da ciência (LEDERMAN, ANO). A administração do tempo é função do professor e, evidentemente, surgem, no emprego de sequências investigativas, dinâmicas não previstas e é necessário concluir as discussões em uma aula e, mesmo que para isso tenha de estender a aula para não se perder a oportunidade de trabalhar uma ou outra importante concepção surgida no momento.

Uma característica a ressaltar das aulas registradas na filmagem destas aulas foi a postura dos alunos que, salvo os momentos em que lhes era permitido participarem respondendo às questões propostas, em trabalhos, questionários, ou perguntas diretas do professor, foi o silêncio, incomum em aulas do ensino médio. Alguns alunos estavam distraídos e outros um tanto apáticos às preleções do professor, mas não havia qualquer intervenção, barulho, ou algo que raptasse a atenção deles. A autoridade presente no discurso do professor é muito mais caracterizado no discurso em um ensino tradicional, em que a figura central do conhecimento é o professor, por ser aquele responsável por transmitir o conhecimento.

Em uma aula investigativa os alunos são motivados a serem protagonistas e quando isso é feito, em virtude da faixa etária, é comum ter de advertir em algum momento a turma, ou aluno, para ficar calado, mas isso não ocorreu. Como foi adquirida essa autoridade do professor? Outra característica das preleções desse professor foi terem sido feitas sem titubear e sem dar intervalos para que outros pudessem intervir. Durante estas, como se mostram nas transcrições, as falas são longas e rápidas. Devido às ações de adaptação às necessidades das aulas, a sequência assumiu o seguinte formato:

AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE/COMENTÁRIOS
1	Modelo na física	Atividade da caixa preta
2	Modelo na física	Fechamento da aula 1 e introdução da aula sobre a simulação
3	Efeito fotoelétrico	Simulação na sala de informática. Sítio eletrônico: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm . Após breve explicação é utilizada a simulação alterando o comprimento da onda, e observado a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito fotoelétrico
4		Simulação na sala de informática. Sítio eletrônico: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm . Após breve explicação é utilizado a simulação alterando o comprimento da onda, e observado a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito fotoelétrico
5		Questionário sobre efeito fotoelétrico. Entrega de texto para leitura em casa
6	Onda ou partícula	Exposição em ppt sobre fenômenos e explicação como onda ou partícula (apresentacaofoton2904.ppt)
5	Interferômetro	Utilização do MZ real (grupos se dividem)
6		Simulação na sala de informática (applet da Universidade de Munique)
7		Discussão em sala (apresentação em ppt). Texto do Oswaldo ao final da aula para leitura em casa

8	Interpretações da Mecânica Quântica	Discussão e encerramento
9	Encerramento	Exposição dialogada com filosofia da ciência

6.2 ANÁLISE DAS DISCUSSÕES ORAIS

A análise baseou-se nos dados obtidos após a transcrição das aulas gravadas que, em sua versão completa, encontra-se nos anexos desta pesquisa. Serão apresentados neste capítulo trechos acompanhados de observações.

6.2.1 Análise da Aula 10

Esta aula refere-se à discussão em sala das observações feitas pelos alunos no experimento de Mach-Zehnder e da simulação em computador do interferômetro. Para sistematização, o professor projeta a figura de interferência obtida no anteparo do arranjo experimental e da simulação.

Na sequência da aula, apresentam-se aos alunos as quatro principais interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz e do fóton e coordena-se a discussão sobre as explicações para a experiência do interferômetro dadas por aquelas interpretações.

6.2.1.1 Aula 10 do Prof. William

6.2.1.1.1 primeiro episódio da aula 10 – prof. William

O professor inicia a aula retomando a anterior e lembrando, aos alunos, as discussões ocorridas. Faz uma retomada do desenvolvimento das aulas anteriores. Reapresenta a discussão sobre a natureza da luz e o caminho percorrido em sala de aula na busca de entendimento dessa natureza. Sua fala inicial busca uma revisão de todos os procedimentos adotados e conceitos abordados. Durante seu discurso, elabora perguntas, por vezes retóricas, a fim de motivar os alunos a relembrem a sucessão das atividades desenvolvidas e os conhecimentos apreendidos.

Quadro 8 – Episódio 1 – aula 10

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
1	Professor: (...) luz. Então vamos dar só uma lembrada pra gente recordar em que ponto que a gente <i>tá</i> . A gente começou mais ou menos discutindo o seguinte, a gente começou falando da luz, e aí uma coisa que a gente fez foi o seguinte, a gente começou discutindo a luz e eu procurei, durante muito, muitas aulas, acredito, vamos dizer assim, não vou dizer forçar, mas eu tentei mostrar pra vocês que durante muito tempo a luz foi entendida como uma onda. Ficou durante muito tempo sendo entendida como uma onda. E aí quando você pensa numa onda, você pensa literalmente na onda do mar, <i>né</i> , então alguma coisa desse tipo, <i>né</i> , alguma coisa que é contínua, não é? E aí, quando você fala em onda, tem um modelo que nos ajudou a entender tudo que acontece com as ondas, que é o chamado modelo ondulatório. Então o modelo ondulatório, que é o modelo que <i>tá</i> apoiado na ideia de onda, ele justifica vários fenômenos. Só que tem um fenômeno que a gente não conseguiu explicar pelo modelo de onda, que foi o efeito fotoelétrico, que a gente usou o simulador, você lembra? Você jogava a luz em cima de um metal. Só que não era qualquer cor de luz que arrancava elétrons do metal. Por quê? Aí a gente tentou justificar isso, <i>né</i> . Tinha a ver com a frequência, tinha a ver com a energia da onda. Só que aí, a palavra onda aí talvez não se encaixasse bem, <i>né</i> . A gente teve que usar <i>um</i> outro modelo pra explicar o efeito fotoelétrico. Qual foi o outro modelo, pessoal, que a gente usou? Fora o de onda, qual era o outro modelo que a gente usou pra luz?	Sistematização

O trecho começa com a apresentação do professor acerca do desenvolvimento das aulas anteriores, com retomada de conceitos – particularmente sobre modelo. A maioria das indagações tem caráter retórico e alavanca as frases seguintes do professor. No final do turno, as frases em destaque podem ser categorizadas como **perguntas de sistematização**, pois visam uma síntese por parte dos alunos dos conceitos de modelos estudados.

Com informações já discutidas e conceitos anteriores retomados, o professor apenas ajuda a relembrar as definições de modelo já estudadas por meio de **perguntas de sistematização** que exigem resposta mediante o conhecimento construído pelos alunos em aulas anteriores. A indagação simplesmente requer uma resposta conceitualmente correta, que é fornecida no turno 2 pelo aluno 6.

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
2	A6: Corpuscular.	
3	Professor: Corpuscular. Então o modelo corpuscular da luz tem a ver com aquela ideia. Então aqui você tem o modelo corpuscular. Corpuscular. Pessoal, aqui eu vou colocar [ao] invés de onda, eu vou colocar partícula, <i>né</i> , que fica melhor. Então aqui ó, quando eu digo luz, aqui eu <i>tô</i> pensando <i>a</i> luz como partícula. E aí o modelo que diz que a luz é partícula é o modelo corpuscular. Então quando você fala em partícula, o que vocês imaginam?	Sistematização
4	A2: (...)	
5	Professor: Que <i>que</i> você entende pela palavra partícula, pessoal?	Sistematização

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
6	A3: Partes.	
7	Professor: Partes, <i>né</i> ? Então é como se a luz, ela fosse composta de pequenas par... de pequenos corpúsculos, né? Pequenas entidades que a gente chama isso daqui de fóton. Então invés de a luz ser uma onda, ela é formada por pequenas partículas, cada partícula dessa tem uma energia bem definida. Enquanto aqui pode ser qualquer energia, aqui não, aqui você só tem determinados valores de energia. Então cada partícula dessa luz, que é um fóton, é deter... ela tem uma energia bem definida. E a energia dela depende daquela constante da natureza, que é a constante de Planck, e da frequência da luz. Lembra que a frequência tem a ver com a cor da luz. Então você pega, por exemplo, a cor verde. A cor verde tem uma frequência, portanto, ela vai ter uma determinada energia. Se você pegar o azul, o azul tem outra frequência, então vai ter outra energia. Aqui por exemplo no modelo de onda, aqui a energia não <i>tá</i> ligada à ideia de frequência, aqui o modelo de onda <i>tá ligada</i> à ideia de intensidade. Se a luz é forte ela tem muita energia, se a luz é fraquinha ela tem pouca energia. Na verdade a intensidade de luz, ela <i>tá</i> ligada ao número de fótons. Quanto mais forte for a luz mais fótons você tem, <i>né</i> ? É, pessoal, basicamente foi esse o “resuminho” que a gente teve das últimas aulas.	
8	A4: Professor.	
9	Professor: Fala.	
10	A4: Mas toda partícula tem a mesma quantidade de energia, ou vai depender de partícula pra partícula?	Problematização
11	Professor: Perfeito. Então se você falar, por exemplo, da, da... Vamos pensar na cor verde, na cor verde. Se você pegar uma luz verde, a luz verde <i>tá</i> mandando vários fótons, ou seja, <i>tá</i> mandando várias partículas dessa. Cada partícula dessas, se a luz for verde, cada uma, individualmente, vai ter sempre a mesma energia. Então cada fóton de luz verde tem sempre a mesma energia, que é esse valor aqui, ó, <i>tá</i> legal? Se for um azul, o azul também vai ter vários fótons, cada fóton do azul vai ter sempre a mesma energia, que é calculada desse jeito. O que muda de cor pra cor é a sua frequência, <i>tá</i> bom? Pessoal, e aí o que a gente fez na última aula? A gente fez a atividade experimental do Mach Zehnder, então vamos lembrar o que <i>que</i> é o Mach Zehnder? O Mach Zehnder é esse arranjo experimental, ele é formado por dois semiespelhos, dois espelhos, e aqui tem duas telas, <i>né</i> , que a gente chama de anteparos, <i>né</i> . É a onde vai aparecer as imagens. E aí qual que é a ideia? Pessoal, pra que que a gente usou o Mach Zehnder? Pra tentar responder essa pergunta. A luz, no final das contas, é onda ou é partícula? Porque tem hora que a gente fica usando a luz como onda, tem hora que a gente fica usando a luz como o que? Partícula. Mas no final das contas, ela é onda ou ela é partícula?	Problematização
12	A4: Ela é onda.	
13	A3: Ela é partícula.	
14	Professor: Eu lembro que até as meninas falava...	
15	A3: Pra mim é partícula.	
16	A4: Pra mim é onda.	
17	Professor: Pra ela é onda. Teve as meninas que falavam que era o que mesmo? Era modelo...	

Nos turnos 3 e 4, o professor apresenta outras **perguntas de sistematização** que requerem respostas diretas dos alunos, como no turno 5. A partir da fala do aluno, no turno 7 o professor continua a explanação dos conceitos e a síntese das aulas anteriores. É

interessante verificar que o aluno 4 faz uma **pergunta de problematização** no turno 10, a partir das explicações dadas pelo professor. Este, por sua vez, ao responder à questão, retoma a atividade desenvolvida na aula anterior e promove outra **pergunta de problematização**.

Em resposta, os alunos se veem diante de uma pergunta a partir da qual **levantam hipóteses** para a continuidade da aula, como atestam os turnos 12, 13, 15 e 16. Neste início, há necessidade de perguntas de sistematização para retomar conceitos e ter a possibilidade de construir o problema que será trabalhado, não obstante, não se consiga perceber até o momento a presença do padrão de argumentação proposto por Toulmin. Em sua maioria, as respostas dos alunos são diretas e objetivas quanto aos questionamentos apresentados pelo professor, a interação inicial pode ser classificada como par dialógico pergunta-resposta.

6.2.1.1.2 segundo episódio da aula 10 – Prof. William

Entre os turnos 21 e 25, o professor busca explorar as respostas dadas pelos alunos:

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
21	Professor: É, era foto-ondulatória, alguma coisa assim, <i>né</i> , que as meninas... eu lembro que elas falaram no finalzinho da aula. Na verdade o que vocês <i>tavam</i> querendo dizer com isso, assim, será que não pode ser os dois ao mesmo tempo?	
22	Aluno 5: Ou ser um terceiro.	
23	Professor: Ou será, ou será que vai ter um novo, a gente vai descartar aqueles dois e vai ter um novo, não é? Pessoal, o que eu vou tentar fazer aqui com vocês um pouco é tentar mostrar pra vocês como <i>é que</i> os físicos responderam essa pergunta. Será que é onda? Será que é partícula? Ou será que até hoje, pros físicos, isso é uma pergunta que ainda <i>tá</i> no ar? É isso que eu vou tentar discutir um pouquinho com vocês. E pra isso eu vou me basear no terceiro elemento do Mach Zehnder, <i>tá</i> legal? Pessoal, vamos lembrar, vocês que fizeram, a gente fez a parte verdadeira, <i>né</i> , o experimento real, que a gente usava os espelhos, <i>né</i> , que até o Igor ele fez a gente quebrar um, mas depois eu quebro ele também. E além disso, a gente também usou o simulador, <i>tá</i> ok? Então a gente fez os dois, a gente fez a experiência real, e a gente fez o simulador. Pessoal, vamos lembrar o simulador. No simulador se eu colocar aqui laser, se eu colocar aqui, por	Exploratória

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
	exemplo, laser, se eu colocar aqui pra laser, eu <i>tô</i> pensando na luz como onda ou como partícula?	
24	Alunos: Onda.	
25	Professor: Onda. Então se eu colocar aqui como onda. Ó, laser, e aí vou ligar aqui agora nosso interferômetro, <i>tá</i> ? Eu produzi essas imagens. Todo mundo que passou pelo simulador lembra que produz essa imagem. E aí qual é, como é que nós justificávamos isso? Como <i>é que</i> você mostra, como <i>é que</i> a gente explica, <i>né</i> , fisicamente, usando a ideia de onda, como <i>é que</i> a gente justifica que aqui, por exemplo, ora tem luz, ora não tem luz, ora tem luz, ora não tem luz? Qual é o mecanismo que nós aplicávamos pra ondas pra justificar que ora tem luz, ora não tem luz, ora tem luz, ora não tem luz? Alguém lembra?	Exploratórias sobre o processo

Nos turnos 23 e 25, o professor faz perguntas que visam obter dos alunos explicações ou conclusões sobre os fenômenos. As respostas dos alunos são ainda monofrasais, procurando apenas responder o que lhes é perguntado. Cabe ressaltar que o Aluno 5, no turno 22, ao ser confrontado com as explicações do professor, faz **um levantamento de hipótese** sobre a existência de uma terceira explicação diferente das apresentadas até o momento.

6.2.1.1.3 terceiro episódio da aula 10 – prof. William

Entre os turnos 26 e 48, o professor busca conceituar propriedades de onda (como reflexão) e o fenômeno da interferência.

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
26	Aluno 4: Eu esqueci o nome do negócio que é, vai um caminho junto, e tem o outro que vai separado.	
27	Professor: Não tem problema. Pessoal...	
28	Aluno 6: Interferência.	
29	Professor: Isso. A ideia central, pra você explicar por que ora tem luz e ora não tem luz? Tem a ver com a ideia da interferência. Então vamos recordar rapidamente. Qual é a ideia da interferência? Num é isso daqui, ó? Você pega, por exemplo, duas ondas, ó, então, você pega duas ondas. Se elas estiverem andando juntas, o que <i>que</i> é andar juntas? Andar em fase. Quando uma <i>tá</i> no máximo, a	Sistematização

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
	outra <i>tá</i> no máximo. Quando uma <i>tá</i> no mínimo, a outra <i>tá</i> no mínimo. Então quando as ondas estão em fases, ó, ondas em fase, pessoal, o que acontece? Elas se somam ou elas se subtraem?	
30	Alunos: Se somam.	
31	Professor: Se somam. Então o resultado disso, vai dar uma onda maior. Então <i>tá</i> acontecendo aqui, ó. Onde tem luz é porque de algum jeito, nesse dispositivo, as ondas <i>tão</i> se somando. Agora, se você tiver ondas em fases diferentes, ó, em fases opostas... Pessoal, o que <i>que</i> é onda em fase oposta? Ó, uma vai <i>tá</i> assim, caminhando desse jeito, se propagando dessa maneira, a outra vai <i>tá</i> assim, ó. Então eu percebo o seguinte, ó, quando uma <i>tá</i> no máximo, a outra <i>tá</i> no mínimo, quando uma <i>tá</i> no mínimo, a outra <i>tá</i> no máximo. O que <i>que</i> acontece quando essas ondas se encontrarem? Elas vão tentar se somar. Mas como uma <i>tá</i> no máximo e a outra <i>tá</i> no mínimo, elas vão acabar se cancelando, ponto a ponto, <i>né</i> , ó. Uma no ma... Vamos pensar em valores, <i>né</i> . Uma <i>tá</i> em mais dois, a outra vai <i>tá</i> em menos dois, mais dois com menos dois, quanto vai dar o total? Zero. Aqui vai <i>tá</i> mais dois, aqui vai <i>tá</i> mais dois, quanto vai <i>tá</i> aqui o pico total? Mais quatro. Então essa interferência é a interferência que a gente batizou de construtiva. Interferência construtiva. É quando as ondas se somam. Mas só dá pra fazer soma se elas estiverem mesma fase. Se elas estiverem em fases opostas, aqui não vai ter nada como resultado. Então essa interferência aqui é destrutiva. Então a pergunta é, pessoal, como é <i>que</i> você prova isso daqui nesse conjunto? Como é <i>que</i> eu mostro que aqui tem hora que <i>tá</i> acontecendo isso e tem hora que <i>tá</i> acontecendo isso? É isso que eu vou tentar justificar pra vocês. Como é que a gente consegue mostrar que ora <i>tá</i> acontecendo onda, é, interferência construtiva, e ora <i>tá</i> acontecendo interferência destrutiva. Ok? Isso pensando na parte de ondas. Pessoal, então ó, vamos tentar justificar isso então. Pessoal, pra isso a gente vai ter que lembrar um pouquinho do arranjo. Então vamos lembrar aqui o arranjo. Pessoal, eu vou desenhar aqui na lousa o arranjo, porque eu acho que, talvez, facilite pra gente discutir. Então ó, vamos desenhar aqui o arranjo experimental. Basicamente o arranjo não era assim, ó? Aqui você tinha uma fonte laser, ó, então aqui <i>tá</i> minha fonte laser. Aí o que <i>que</i> eu tenho aqui colocado, logo diante da minha fonte laser? Espelho ou semiespelho?	
32	Alunos: Espelho.	

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
	aqui a parte que foi refletida. Quando chega <i>no</i> espelho, o que <i>que</i> o espelho faz?	
39	Alunos: Reflete.	
40	Professor: Reflete. Pra onde que vai mandar essa luz?	
41	Aluno 4: Semiespelho.	
42	Professor: Pra lá. Então ó, o semiespelho. Pessoal, quando esse, é, essa luz chegar aqui, o que vai acontecer? Você tem uma onda vindo por aqui, você tem <i>uma</i> outra onda vindo por aqui, as ondas vão se encontrar, então ela só tem duas possibilidades, ou ela sofre interferência construtiva ou destrutiva. Vamos imaginar que a onda que veio pra cá, ela saiu assim, ó, essa onda aqui ela <i>tá</i> passando assim. Certo? E aí, vamos imaginar que a onda que veio por esse caminho, que <i>tá</i> indo pra cá, ela fez isso ó. <i>Tá</i> fazendo isso. Então o que <i>que</i> vai acontecer aqui? Se essa, se essa onda que passou e <i>tá</i> indo assim, e essa onda que foi refletida <i>tá</i> indo assim também, aqui vai ter interferência construtiva ou destrutiva?	
43	Alunos: Construtiva.	
44	Professor: Construtiva. Então aqui vai <i>tá</i> o ponto de luz, ó, bem aqui. Ó, aqui vai gerar um ponto de luz. Por que quando elas se somam é onde tem luz. Ó, onde tem luz. Pessoal, só que aqui tem uma parte que passou, não é isso? Ó, tem uma parte da luz aqui que passou. E lembra que o semiespelho, quando ele reflete, ele inverte um pouco a fase, então vou ter isso aqui, ó. Aqui eu vou ter elas em oposição. Então o que <i>que</i> vai acontecer? Como elas estão aqui em oposição de fase, o que vai acontecer? Vai ter interferência de que tipo aqui?	Sobre os dados
45	Alunos: Destrutiva.	
46	Professor: Então aqui vai aparecer luz ou não?	Sobre os dados
47	Alunos: Não.	
48	Professor: Não. Então aqui, enquanto aqui tem um ponto com luz, aqui vai ter um ponto com o quê? Sem luz. Ó, um ponto com luz, o que chega <i>no</i> outro anteparo é um ponto sem luz. E aí vai invertendo, <i>né</i> , ó. Conforme, é, devido ao arranjo experimental, vai ter, onde tem luz aqui, aqui não vai ter luz. E assim por diante, ó, aqui você vai ter <i>um</i> outro ponto aqui aparecendo com luz, porque <i>tá</i> tendo interferência construtiva, e nesse intervalo entre esse ponto e esse, aqui vai <i>tá</i> tendo interferência do tipo destrutiva, certo? Então, tem hora que as ondas vão <i>tá</i> chegando assim, só que tem hora que <i>onde</i> não chega luz as ondas vão <i>tá</i> vindo assim, ó. Elas vão <i>tá</i> vindo em oposição de fase, <i>que</i> é quando não chega luz aqui, ó. Vão fazendo isso ó, em oposição <i>de</i> fase. <i>Que</i> é o que vai	Problematização

Turno	Transcrição	Classificação da Pergunta
	produzir essa imagem. Então eu pergunto, a gente conseguiu ver exatamente essas imagens circulares bonitinhas? Você lembra, quem fez semana passada? Quem montou esse arranjo? A gente viu exatamente desse jeito, esse círculo de luz? Como é que apareceu?	

Interessante observar que, neste episódio, o professor inicia fazendo uma **sistematização** para, em seguida, fazer **perguntas exploratórias do processo e de problematização** (turno 34) e **sobre os dados** (turnos 44 e 46). No turno 48, as perguntas do professor retóricas servem para sistematizar o conceito de interferência. Finaliza o turno apresentando nova pergunta de **problematização**.

Neste episódio os alunos não são induzidos à argumentação; respondem de forma direta às perguntas que lhe são dirigidas pelo professor. Não é possível promover uma análise de seu discurso pelos indicadores de alfabetização nem verificar o padrão proposto por Toulmin.

6.2.1.1.4 a aula 10 – professor William

Os demais episódios da aula 10 do prof. William, como se pode constatar no Anexo A, apresentam idêntica dinâmica. Os turnos de fala do professor são bastante intensos e as respostas dos alunos são, em sua maioria, diretas e de confirmação àquilo que o professor está apresentando. Apesar de, nas reuniões de planejamento, ser enfatizada a importância de se deixar os alunos falarem, com o professor e entre eles, antes de sistematizarem conceitos ou fenômenos, não foi o que ocorreu em sala de aula. Houve, como afirmam Jiménez-Aleixandre; Rodriguez e Duschl (2000), um discurso do professor mais voltado ao fazer escola.

6.2.1.2. Aula 10 do Prof. Thiago

6.2.1.2.1 primeiro episódio da aula 10 – prof. Thiago

Nos primeiros turnos de fala, o professor permite que os alunos conversem entre si, ainda dispostos em pequenos grupos. Nota-se aqui uma diferença de conduta com a aula do

professor William. Apesar de não surgir na transcrição, pois a gravação teve início somente nas falas dos alunos, segundo o relato do professor e do técnico da filmagem, o professor havia feito uma exposição dialogada, apoiado no recurso multimídia (apresentação em .ppt) disponível para sistematização e discussão sobre a natureza e comportamento da luz. Em seguida, apresentou aos alunos as questões relativas às interpretações da Mecânica Quântica sobre o comportamento e natureza da luz.

Entre os turnos 1 e 71 os alunos discutem a respeito dessas abordagens e do arranjo experimental.

Turno	Transcrição	Classificação
1	Aluno 1: Que <i>que</i> é mesmo aquele interferômetro?	
2	Aluno 2: É aquele dos espelhos.	
3	Aluno 1: Aquele <i>que é o</i> dos espelhos?	
4	Aluno 2: E o outro é aquele dos fótons. Entendeu? Eu acho que é isso, calma aí. Mano eu não sei o nome dele.	
5	Aluno 1: Reginaldo?	
6	Aluno 2: Tainá, <i>chama ele</i> . (..) eu queria lembrar qual <i>que é</i> o interferômetro e qual <i>que é</i> o outro lá dos fótons.	
7	Aluno 1: Interferômetro era o do raio?	
8	Aluno 2: Era do espelho? E esse outro de baixo?	
9	Aluno 1: O do fóton é a mesma coisa só que <i>só é</i> da bolinha, não é?	
10	Aluno 3: É isso aí, da complementaridade é quando é um ou é outro, não é?	
11	Aluno 2: A gente não sabe, isso daí a gente não sabe.	
12	Aluno 3: Não? Por que não?	
13	Aluno 2: Por que você acha que existem tantas interpretações para a natureza da luz?	
14	Alunos: Conversas	
15	Aluno 2: Achei meio <i>confuso</i> essa resposta.	
16	Aluno 3: Mano, nem sei o que eu <i>to</i> fazendo.	
17	Aluno 2: Por que você não faz um risquinho aqui de vermelho pra separar o azul com azul? Já que <i>tá</i> fazendo tudo de caneta.	
18	Aluno 3: Essa caneta funciona?	
19	Aluno 2: Não, não. É que eu cuspo nela pra funcionar.	
20	Aluno 3: Dualista é quando é explicada pelos dois, <i>né</i> ?	
21	Aluno 1: Isso. Quando a partícula e a ondulatória elas se juntam pra fazer o caminho.	
22	Aluno 3: É isso aí.	
23	Aluno 1: Vai fazer o caminho. (...) eu, nós aqui, não? Fazer o quê?	
24	Alunos: Conversas.	
25	Aluno 4: Que <i>que</i> é isso aqui complementaridade?	

Turno	Transcrição	Classificação
26	Aluno 1: É isso que a gente <i>tá</i> tentando também.	
27	Aluno 3: Complementaridade é quando um complementa o outro.	
28	Aluno 4: Capaz de ser isso aí mesmo.	
29	Alunos: Conversas.	
30	Aluno 4: Dualista-Realista é aquilo que ele <i>tava</i> explicando <i>né</i> ?	
31	Aluno 2: Aquela lá que você falou da onda com a partícula assim.	
32	Aluno 1: Da bolinha, sabe?	
33	Aluno 2: Que <i>tá</i> surfando lá, aquele meio 13.	
34	Aluno 4: Complementaridade é o quê?	
35	Aluno 1: Então, esse aí que a gente <i>tá</i> tentando...	
36	Aluno 3: Professor, preciso de uma resposta. Brincadeira, brincadeira.	
37	Aluno 1: Complementaridade, como é mesmo o negócio da complementaridade? Como <i>que</i> é mesmo? Eu não lembro.	
38	Aluno 2: Ele só vai apontando, é ali, é ali...	
39	Aluno 1: Mas ali é o sistema ondulatório... Não eu sei, a gente lembra dos três, mas não lembra desse.	
40	Aluno 2: A gente fez tudo só não lembra disso.	
41	Aluno 1: Não lembra da complementaridade.	
42	Aluno 3: É as duas coisas.	
43	Aluno 1: Mas não é a dualista realista que é as duas coisas? Valeu.	
44	Aluno 2: Você sabe?	
45	Aluno 1: Essa dualista é aqui.	
46	Aluno 2: Lógico que não.	
47	Aluno 1: Claro que é, porque a dualista é quando a onda carrega o fóton, a onda carrega a partícula de energia.	
48	Aluno 2: Então.	
49	Aluno 1: E aqui a gente colocou quando ela <i>tá</i> em conjunto.	
50	Aluno 2: Não.	
51	Aluno 1: Você não colocou?	
52	Aluno 2: Não.	
53	Aluno 1: Então só fui eu errada.	
54	Aluno 2: <i>Tá</i> , mas então qual <i>que</i> é o outro? Não, gente, ó, é quando se junta a onda com o fóton, mas no final fica uma onda vazia, não é isso?	
55	Aluno 3: A onda que carrega o fóton,	
56	Aluno 2: É isso gente.	
57	Aluno 3: (...)	
58	Aluno 2: (...)	
59	Alunos: Conversas.	
60	Aluno 2: E que <i>que</i> é a comple... o outro então?	
61	Aluno 3: É os dois.	

Turno	Transcrição	Classificação
62	Aluno 2: Hã?	
63	Aluno 3: <i>É</i> os dois.	
64	Aluno 2: <i>É</i> os dois, <i>é</i> os dois, eu sei que <i>é</i> os dois.	
65	Aluno 1: <i>É</i> quando a onda e a partícula trabalham em conjunto, na mesma fração, entendeu? <i>Tipo</i> , na mesma onda, na mesma partícula, <i>tipo</i> a onda e a partícula elas se juntam pra fazer o <i>bagulhetes</i> lá, pra passar interferência lá <i>do negócio</i> .	
66	Aluno 2: Quando a onda...	
67	Aluno 1: Quando a onda e a partícula trabalham em conjunto. (...)	
68	Aluno 2: Pra que você <i>tá</i> com a borracha se você <i>tá</i> escrevendo de caneta, você <i>tá</i> apagando o quê?	
69	Aluno 3: Eu apaguei aqui, filha.	
70	Alunos: Conversas.	
71	Aluno 2: <i>É</i> quando a onda e a partícula se unem... Trabalham em comum e formam uma única coisa?	
72	Aluno 1: Mais ou menos isso aí, baseado nisso aí.	

As falas dos alunos entre os turnos 1 e 12 mostram que eles estão confundindo o arranjo experimental do Mach-Zehnder com a simulação do mesmo arranjo. No turno 7, o aluno demonstra bem esta dúvida: “Interferômetro era o do raio?” A partir do turno 10 nota-se que os estudantes passam a discutir as interpretações da Mecânica Quântica.

20	Aluno 3: Dualista <i>é</i> quando <i>é</i> explicada pelos dois, <i>né</i> ?	
21	Aluno 1: Isso. Quando a partícula e a ondulatória elas se juntam pra fazer o caminho.	
22	Aluno 3: <i>É</i> isso aí.	
23	Aluno 1: Vai fazer o caminho. (...) eu, nós aqui, não? Fazer o quê?	

O aluno 3, no turno 20, faz uma pergunta ao grupo, buscando referendar sua **explicação** para a interpretação dualista. O aluno 1 confirma sua asserção, porém apresenta uma nova **explicação**: “Isso. Quando a partícula e a ondulatória elas se juntam para fazer o caminho”. Embora ambos tentem explicar a interpretação dualista do fenômeno, é importante perceber que são afirmações distintas e incorretas. Isto também ocorre quando o aluno 1 busca explicar a interpretação da complementaridade. Em suas palavras:

65	Aluno 1: É quando a onda e a partícula trabalham em conjunto, na mesma fração, entendeu? <i>Tipo</i> , na mesma onda, na mesma partícula, <i>tipo</i> a onda e a partícula elas se juntam pra fazer o <i>bagulhetes</i> lá, pra passar interferência lá <i>do negócio</i> .	Explicação
66	Aluno 2: Quando a onda...	
67	Aluno 1: Quando a onda e a partícula trabalham em conjunto. (...)	Explicação

6.2.1.2.2 segundo episódio da aula 10 – prof. Thiago

Entre os turnos 76 e 88, o professor passa a interagir com os estudantes. Apresenta questões exploratórias a fim de conduzir os alunos às características de um fóton (partícula).

Turno	Transcrição	Classificação
76	Professor: Pessoal, minha pergunta de novo, dá pra pensar em um fóton em termos de ondulatória?	Exploratória
77	Aluno 3: Não.	
78	Professor: Por que <i>que</i> não dá? Por que <i>que</i> dá e por que <i>que</i> não dá?	
79	Aluno 2: Por quê?	
80	Professor: O que <i>que</i> é uma onda?	Sistematização
81	Aluno 5: Algo constante.	
82	Professor: Constante... <i>esse</i> constante (...) não é exatamente essa palavra. É constante no sentido que é espalhado? Uma coisa espalhada, então isso é uma onda? Fóton é uma (...) uma partícula é uma coisa bem localizada, uma onda é uma coisa espalhada. Então a ondulatória dá pra explicar? (...)	
83	Aluno 2: É isso, <i>né</i> ? Quando a onda e o fóton estão trabalhando em conjunto, só isso?	
84	Professor: (...) Uma onda é?	
85	Aluno 5: É... espalhada.	
86	Professor: Espalhada. Um fóton? É localizado. Então eu posso usar, dá pra olhar um fóton do ponto de vista ondulatório? Por que <i>que</i> não dá?(...)	
87	Aluno 2: Legal pegar assim luz ondulatória..., luz corpuscular... é...	
88	Aluno 1: Agora sim, eu acho que sim.	

Apesar de fazer perguntas **exploratórias sobre o processo** nos turnos 76, 78 e 80, o professor **sistematiza e define** o conceito no turno 82: “Fóton é uma partícula... uma

coisa bem localizada, onda é uma coisa espalhada”. Finaliza o turno reformulando a pergunta inicial: “então, a ondulatória dá para explicar (o fóton)? ”

6.2.1.2.3 terceiro episódio da aula 10 – prof. Thiago

Os turnos seguintes mostram ainda os alunos buscando respostas para as questões. Destacam-se os turnos de 138 a 143, pois é possível verificar que o Aluno 1 consegue retomar a explicação anterior do professor.

Turno	Transcrições	Classificação
138	Aluno 1: Professor, no sistema ondulatório não tem como mostrar o fóton, né? Porque como você falou o sistema ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa...	
139	Professor: Modelo ondulatório.	
140	Aluno 1: Isso, modelo ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa constante... uma...	
141	Professor: Uma coisa bem localizada.	
142	Aluno 1: Isso, uma coisa localizada.	
143	Professor: Que nem isso aqui, é uma coisa bem localizada, não é espalhada. Então a ondulatória tem dificuldade de explicar os fenômenos corpusculares. Então a ondulatória tem dificuldade de explicar os fenômenos corpusculares, porque o fóton é uma coisa localizada. E vice-versa também é verdadeiro. Se você pensar, vai ver que o inverso também é verdadeiro.	Sistematização

O Aluno 1, no turno 138, consegue justificar não ser possível explicar o fóton no pela interpretação ondulatória, “porque como você falou o sistema ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa...” Mais ainda, refaz a **explicação** nos turnos 140 e 142: “modelo ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa localizada”.

A intervenção do professor, no turno 141, visa prover o aluno dos termos conceitualmente corretos. No turno 143, o professor **sistematiza** a discussão sobre fóton e interpretação ondulatório e aproveita para afirmar que a simetria com a interpretação corpuscular: “a ondulatória tem dificuldade de explicar os fenômenos corpusculares, porque o fóton é uma coisa localizada. E vice-versa também é verdadeiro. Se você pensar, vai ver que o inverso também é verdadeiro. ”

6.2.1.2.4 a aula 10 – prof. Thiago

A sequência da aula transcorre sob os mesmos aspectos, os alunos em busca de respostas para as questões com alguma intervenção do professor. Apesar de a aula possuir bastante interação entre os alunos, nota-se em suas falas grande dispersão e dificuldade de concentração. As mediações do professor esclarecem as dúvidas porventura surgidas, porém, de forma direta. Não há promoção de argumentação. Os alunos não debatem sobre suas explicações e tampouco buscam sustentação nas observações de aulas anteriores, o que inviabilizou a observação do padrão de argumentação proposto por Toulmin. Os indicadores de alfabetização científica sugeridos por Sasseron também ficaram mascarados, pois as respostas dos alunos não eram acompanhadas, de modo geral, por relações de causalidade nem por explicações sustentadas por dados, hipóteses, previsões etc.

6.2.1.3 a aula 10 – breve comparação com a aula das pesquisas anteriores

As pesquisas promovidas por Barrelo (2010) e Souza (2012) tiveram seu fundamento em uma aula regida pelos próprios pesquisadores, em que os objetivos e a intenção destes estavam bastante arraigados. Assim, como apresentados, nos referidos trabalhos as aulas transcorreram de forma a propiciar farta discussão entre alunos e entre alunos e professor. Os dados coletados não só possibilitaram a verificação dos indicadores de alfabetização científica, bem como a observação do padrão de argumentação de Toulmin, em diversos episódios.

Os episódios desta pesquisa não demonstram a mesma interação nem fornecem os mesmos dados, apesar de os professores participarem do grupo de pesquisa e de reuniões semanais para discussão e desenvolvimento da aplicação da sequência didática. Nada se pode, então, afirmar, de maneira efetiva, sobre a generalização da sequência, tampouco sobre sua generalização. A asserção que se pode fazer é de que tanto a SD quanto o desenvolvimento da sala são dependentes sobremaneira da atuação do professor.

6.2 ANÁLISE DOS REGISTROS ESCRITOS

Como afirmado em capítulo anterior, a análise dos registros escritos almeja verificar se os alunos se apropriaram dos conceitos. Segundo Pessoa Junior, “o que caracteriza a Teoria Quântica de maneira essencial é que ela é a teoria que atribui, para qualquer partícula

individual, aspectos ondulatórios, e para qualquer forma de radiação, aspectos corpusculares. Esta é uma versão ‘geral’ da dualidade onda-partícula” (PESSOA JUNIOR, 2003, p.).

Na análise dos registros escritos dos alunos se buscará evidenciar se concebem essa percepção da dualidade. Foram coletados diversos registros escritos dos alunos durante a SEI. No entanto, nesta tese serão apresentados apenas alguns quadros sintéticos baseados nas respostas dadas pelos alunos ao questionário que lhes foi aplicado na última aula da sequência com o objetivo de aferir a compreensão deles sobre o arranjo experimental do interferômetro de Mach-Zehnder e as quatro interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.

Quadro 9 – Questionário de sistematização – aula 11

5- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...				
Explicação da experiência do interferômetro				
Explicação para um fóton				

6- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?
 7- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.
 8- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?”

A primeira questão solicita que os alunos preencham o quadro, respondendo, para cada uma das interpretações da MQ, qual a natureza da luz (primeira linha), qual a explicação do padrão observado – a figura obtida – no experimento com o interferômetro (segunda linha) e o que se observaria na experiência do interferômetro com apenas um fóton (terceira linha). Para análise, será dividida em três itens:

- 1) “A luz é...” para aferir o entendimento do aluno sobre sua natureza; como cada uma das interpretações da MQ explica a natureza e o comportamento da luz;
- 2) “explicação da experiência do interferômetro” visa saber como cada interpretação explica o fenômeno;

3) “explicação para um fóton” objetivando que o aluno explique sobre a ocorrência, ou não, do fenômeno da interferência quando apenas um fóton percorresse o interferômetro de Mach-Zehnder.

A segunda questão requer que o estudante tenha compreendido as diversas interpretações pelos resultados observados. A questão de número três é de cunho subjetivo, admitindo, portanto, qualquer escolha. Seu objetivo é perceber se, ao optar por uma das interpretações, o aluno a utiliza para sustentar sua opção. A quarta pergunta pretende que o estudante perceba a natureza dual da matéria, possui caráter corpuscular e ondulatório e que, por exemplo, os átomos existem independentemente das observações. Os resultados apresentados pelos alunos estão dispostos nas Tabelas 1 a 4, que possuem a seguinte legenda:

A – Resposta correta / completa
B – Resposta parcialmente correta
C – Resposta incorreta
D - Em branco / Não fez

As respostas completas dos estudantes encontram-se no anexo desta pesquisa. Convém ressaltar que, apesar da solicitação de que a atividade fosse desenvolvida individualmente, os registros em vídeo demonstram que os alunos da Turma F do prof. Thiago interagiram intensamente no início da aula, o que compromete os resultados desses registros escritos. Não obstante, se se optar por essa turma para a análise das interações, pode-se verificar de que forma essas últimas ocorreram em sala de aula.

Tabela 6 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma E – prof. Thiago

NOME	Aline	Amanda	Amanda C	Ana Carla	Carla	Cassiano	Erick	Everton	Heloisa	Karina	Karoline	Leticia	Mayra	Paloma	Pamela	Renan	Ronaldo	Sergio	Victor	Victor P	Wesley	Wesley
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 - A LUZ É...																						
Interpretação Ondulatória	A	B	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A
Interpretação Corpuscular	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	C	A	A	A	B	A	B	A	A	A	B	A
Interpretação Complementaridade	A	A	A	A	C	B	A	A	A	C	A	A	A	B	B	A	B	A	C	A	B	A
Dualista - Realista	A	A	C	C	C	B	C	C	A	C	B	A	A	B	C	A	B	A	B	A	B	A
Explicação da experiência																						
Interpretação Ondulatória	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B
Interpretação Corpuscular	B	C	B	A	B	B	B	C	A	A	D	B	B	A	A	B	C	B	B	B	A	C
Interpretação Complementaridade	A	C	C	B	B	C	A	B	C	C	D	C	A	A	A	C	C	A	C	B	A	C
Dualista - Realista	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	D	A	A	C	C	C	C	A	B	D	A	D
Explicação para um fóton																						
Interpretação Ondulatória	A	C	A	A	A	C	A	A	A	A	D	A	A	A	A	D	A	A	B	D	A	C
Interpretação Corpuscular	A	C	A	C	B	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	D	A	C	C	C	C	C
Interpretação Complementaridade	C	B	C	B	B	C	C	B	B	C	D	B	B	A	A	D	D	B	B	D	B	D
Dualista - Realista	B	B	A	A	B	C	C	A	A	B	D	B	B	A	A	D	B	B	C	D	C	D
2. Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?																						
	B	B	B	A	B	C	B	A	C	A	A	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A
3. A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.																						
	C	C	A	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	A
4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que n																						
	C	B	B	B	B	B	B	C	C	D	B	D	B	B	B	D	B	B	B	B	B	B

Tabela 7 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma F – prof. Thiago

NOME	Aline	Claudio	Daniel	Erick	Erika	Estevan	felipe	Gisele	Julio	Karina	Laiane	Leticia	Luiz	Mayara	Milena	Nataly	Paula	Renato	Sara	Tainara	Thaynara	Vinicius	Vitor								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 - A LUZ É...																															
Interpretação Ondulatória	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A								
Interpretação Corpuscular	A	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A								
Interpretação Complementaridade	B	C	B	C	A	A	C	A	C	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	B								
Dualista - Realista	A	C	A	A	A	A	A	A	C	B	C	B	B	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A								
Explicação da experiência																															
Interpretação Ondulatória	B	C	A	B	A	B	A	C	C	A	A	A	B	A	C	B	B	A	A	C	A	A	B								
Interpretação Corpuscular	A	B	B	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	B	C	A	A	C	A	C	C								
Interpretação Complementaridade	A	B	B	B	A	B	B	A	B	C	A	A	C	B	C	B	C	C	A	A	A	B	B								
Dualista - Realista	B	C	C	B	B	C	C	B	C	C	A	A	C	B	C	B	B	A	A	C	A	B	C								
Explicação para um fóton																															
Interpretação Ondulatória	B	B	C	B	B	C	B	C	C	A	C	B	C	C	C	A	B	B	C	C	C	C	C								
Interpretação Corpuscular	C	C	A	C	C	A	A	A	A	A	C	C	C	C	A	C	A	A	C	A	C	C	A								
Interpretação Complementaridade	C	C	A	C	C	B	C	C	A	B	C	C	C	C	B	D	A	A	C	C	C	C	B								
Dualista - Realista	A	B	C	C	A	C	B	A	C	C	A	B	C	B	C	B	C	A	A	B	C	C	C								
2. Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?																															
	B	A	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	C	B	A								
3. A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.																															
	C	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	B	A	B	B	A	C	B	C	A	C	B								
4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?”																															
	C	B	B	B	C	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	A	B	A	B	A	C	B								

Tabela 8 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma A – prof. Wiliam

NOME	Adriano	Alison	Ana C	Ana L	Bruna	Christian	Diego	Fabiana	Felipe	Gabriela	Gabriella	Guilherme	Guilherme S	Iago	Jéssica B.	Jéssica K	Jéssica KC	Jhennifer	Layssa	Letícia	Luan	Maria J	Michael	Milca	Tayna					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 - A LUZ É...																														
Interpretação Ondulatória	A	B	C	A	A	C	C	C	A	C	A	C	C	A	A	C	B	A	C	A	C	B	A	C	C					
Interpretação Corpuscular	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	B	A	A	A	A	B	A	C	A	A	B	A	C	C					
Interpretação Complementaridade	A	A	A	A	A	A	B	C	A	C	A	B	A	A	A	A	C	A	C	A	B	C	C	A	C					
Dualista - Realista	A	A	A	A	A	A	B	C	A	C	A	B	A	A	A	A	C	A	C	A	A	C	A	A	C					
Explicação da experiência																														
Interpretação Ondulatória	B	B	B	A	A	A	B	C	A	C	A	B	A	A	B	A	A	A	C	A	B	C	B	A	C					
Interpretação Corpuscular	C	B	B	B	A	A	B	C	A	C	A	B	A	B	C	A	B	A	C	A	B	C	B	A	C					
Interpretação Complementaridade	C	C	C	C	A	A	C	C	B	C	B	C	B	A	C	B	B	A	C	A	C	C	C	C	C					
Dualista - Realista	C	C	B	A	A	A	B	C	B	C	A	C	C	A	C	B	B	A	C	A	C	C	B	A	C					
Explicação para um fóton																														
Interpretação Ondulatória	A	A	A	A	A	A	C	B	C	B	A	C	C	C	A	A	C	A	A	A	A	B	B	B	A					
Interpretação Corpuscular	A	B	B	A	A	B	C	A	B	B	A	C	C	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A					
Interpretação Complementaridade	C	B	C	C	C	A	D	C	B	C	B	D	C	C	B	B	C	C	C	B	A	C	C	C	C					
Dualista - Realista	C	B	A	C	A	B	D	C	A	C	C	D	C	C	B	C	C	A	B	B	A	B	B	A	B					
2. Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?																														
	B	B	A	B	B	B	B	C	B	C	B	A	B	A	A	B	A	B	B	A	A	B	B	A	B					
3. A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.																														
	A	B	A	B	A	A	B	C	A	B	A	A	B	A	B	A	A	B	B	A	B	B	C	B	C					
4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?”																														
	B	B	B	B	A	B	B	C	A	B	B	C	C	B	B	A	A	B	B	B	B	C	C	B	C					

Tabela 9 – Análise do registro escrito – 3º ano do ensino médio – Turma B – prof. Wiliam

[illegible]

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	30							
Interpretação Ondulatória	27	90,00	0	0,00	3	10,00	0	0,00
Interpretação Corpuscular	29	96,67	1	3,33	0	0,00	0	0,00
Interpretação Complementaridade	19	63,33	9	30,00	2	6,67	0	0,00
Dualista-Realista	14	46,67	14	46,67	2	6,67	0	0,00
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	25	83,33	4	13,33	1	3,33	0	0,00
Interpretação Corpuscular	23	76,67	5	16,67	2	6,67	0	0,00
Interpretação Complementaridade	12	40,00	13	43,33	5	16,67	0	0,00
Dualista-Realista	23	76,67	3	10,00	4	13,33	0	0,00
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	15	50,00	7	23,33	7	23,33	1	3,33
Interpretação Corpuscular	25	83,33	4	13,33	0	0,00	1	3,33
Interpretação Complementaridade	16	53,33	5	16,67	8	26,67	1	3,33
Dualista-Realista	17	56,67	6	20,00	6	20,00	1	3,33
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	12	40,00	17	56,67	1	3,33	0	0,00
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	10	33,33	18	60,00	2	6,67	0	0,00
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	8	26,67	17	56,67	4	13,33	1	3,33

Resultados da escola das pesquisas anteriores

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	28							
Interpretação Ondulatória	20	71,4	07	25,0	01	3,6	0	
Interpretação Corpuscular	21	75,0	05	17,9	02	7,1	0	
Interpretação Complementaridade	15	53,6	06	21,4	07	25,0	0	
Dualista-Realista	11	39,3	10	35,7	07	25,0	0	
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	23	82,1	03	10,7	01	3,6	01	3,6
Interpretação Corpuscular	07	25,0	16	57,1	04	14,3	01	3,6
Interpretação Complementaridade	08	28,6	07	25,0	12	42,9	01	3,6
Dualista-Realista	13	46,4	03	10,7	09	32,1	03	10,7
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	18	64,3	01	3,6	06	21,4	03	10,7
Interpretação Corpuscular	09	32,1	01	3,6	17	60,7	01	3,6
Interpretação Complementaridade	03	10,7	11	39,3	08	28,6	06	21,4
Dualista-Realista	06	21,4	09	32,1	08	28,6	05	17,9
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	12	42,9	14	50,0	02	7,1	0	0
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	05	17,9	19	67,9	04	14,3	0	0
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	0	0	22	78,6	03	10,7	03	10,7

Resultados: Prof. Thiago – turma E

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	23							
Interpretação Ondulatória	23	100	0	0	0	0	0	0
Interpretação Corpuscular	19	82,6	01	4,3	03	13,0	0	0
Interpretação Complementaridade	13	56,5	05	21,7	05	21,7	0	0
Dualista-Realista	14	60,9	05	21,7	04	17,4	0	0
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	11	47,8	07	30,4	05	21,7	0	0
Interpretação Corpuscular	07	30,4	03	13,0	13	56,5	0	0
Interpretação Complementaridade	08	34,8	10	43,5	05	21,7	0	0
Dualista-Realista	05	21,7	08	34,8	10	43,5	0	0
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	02	8,7	08	34,8	13	56,5	0	0
Interpretação Corpuscular	11	47,8	0	0	12	52,2	0	0
Interpretação Complementaridade	04	17,4	04	17,4	14	60,9	01	4,3
Dualista-Realista	06	26,1	06	26,1	11	47,8	0	0
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	11	47,8	11	47,8	01	4,3	0	0
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	06	26,1	13	56,5	04	17,4	0	0
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	05	21,7	15	65,2	03	13,0	0	0

Resultados: Prof. Thiago – turma F

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	25							
Interpretação Ondulatória	10	40,0	03	12,0	12	48,0	0	0
Interpretação Corpuscular	17	68,0	03	12,0	05	20,0	0	0
Interpretação Complementaridade	15	60,0	03	12,0	07	28,0	0	0
Dualista-Realista	17	68,0	02	8,0	06	24,0	0	0
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	12	48,0	08	32,0	05	20,0	0	0
Interpretação Corpuscular	09	36,0	09	36,0	07	28,0	0	0
Interpretação Complementaridade	05	20,0	05	20,0	15	60,0	0	0
Dualista-Realista	08	32,0	06	24,0	11	44,0	0	0
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	14	56,0	05	20,0	06	24,0	0	0
Interpretação Corpuscular	16	64,0	06	24,0	03	12,0	0	0
Interpretação Complementaridade	02	8,0	06	24,0	15	60,0	02	8,0
Dualista-Realista	06	24,0	08	32,0	09	36,0	02	8,0
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	08	32,0	15	60,0	02	8,0	0	0
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	11	44,0	11	44,0	03	12,0	0	
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	04	16,0	15	60,0	06	24,0	0	

Resultados: Prof. Wiliam – turma A

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	17							
Interpretação Ondulatória	10	58,8	01	5,9	04	23,5	02	11,8
Interpretação Corpuscular	13	76,4	01	5,9	02	11,8	01	5,9
Interpretação Complementaridade	11	64,7	0	0	04	23,5	02	11,8
Dualista-Realista	10	58,8	01	5,9	04	23,5	02	11,8
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	12	70,6	03	17,6	01	5,9	01	5,9
Interpretação Corpuscular	09	52,9	07	41,2	0	0	01	5,9
Interpretação Complementaridade	01	5,9	06	35,3	09	52,9	01	5,9
Dualista-Realista	06	35,3	01	5,9	10	58,8	0	0
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	12	70,6	03	17,6	0	0	02	11,8
Interpretação Corpuscular	05	29,4	07	41,2	04	23,5	01	5,9
Interpretação Complementaridade	01	5,9	01	5,9	13	76,4	02	11,8
Dualista-Realista	02	11,8	06	35,3	07	41,2	02	11,8
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	06	35,3	10	58,8	0	0	01	5,9
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	03	17,6	12	70,6	01	5,9	01	5,9
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	03	17,6	10	58,8	03	17,6	01	5,9

Resultados: Prof. Wiliam – turma B

6.2.1 Comparação entre os Registros Escritos das Turmas

Para a análise dos registros dos alunos, a questão 1 sobre a luz e o experimento do interferômetro em blocos será subdividida, a saber: 1.a “A luz é...” sobre a natureza da luz; 1.b “explicação da experiência...” sobre o entendimento do arranjo experimental de Mach-Zehnder e 1.c “Explicação para um fóton”. As questões de 2 a 4 serão observadas como se apresentam. Para facilitar este item e sua exposição, a Tabela 2 será fragmentada e reapresentada sempre que se fizer necessário. Serão ilustrados alguns fragmentos da turma E do prof. Thiago a fim de evitar redundância dos dados.

Ao se verificar cada uma das interpretações da MQ separadamente vê-se que as interpretações sobre “Ondulatória” e “Corpuscular” foram as melhor entendidas pelos estudantes

da pesquisa anterior e pelos alunos do prof. Thiago. Não se verifica tal ocorrência com as turmas do prof. William. Para estes estudantes, em ambas as turmas, a interpretação “Ondulatória” é a que confere menor percentual de acertos. As interpretações da “Complementaridade” e “Dualista-realista”, se se observar as respostas corretas ou parcialmente corretas, também apresentam um alto grau de entendimento na escola referenciada. As turmas da pesquisa atual apresentam índices superiores a 60% (somadas respostas corretas e parcialmente corretas). Porém, percebe-se que estas duas explicações são mais difíceis de compreensão para os estudantes por não trazerem uma correlação mais direta com as concepções que já possuem.

Tabela 10 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a natureza da luz – pesquisa anterior

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...								
Interpretação Ondulatória	27	90,00	0	0,00	3	10,00	0	0,00
Interpretação Corpuscular	29	96,67	1	3,33	0	0,00	0	0,00
Interpretação Complementaridade	19	63,33	9	30,00	2	6,67	0	0,00
Dualista-Realista	14	46,67	14	46,67	2	6,67	0	0,00

Tabela 11 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a natureza da luz. – prof. Thiago

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1 - A LUZ É...	28							
Interpretação Ondulatória	20	71,4	07	25,0	01	3,6	0	
Interpretação Corpuscular	21	75,0	05	17,9	02	7,1	0	
Interpretação Complementaridade	15	53,6	06	21,4	07	25,0	0	
Dualista-Realista	11	39,3	10	35,7	07	25,0	0	
Explicação da experiência do interferômetro								

Na questão 1.b (a experiência do interferômetro), considerando cada interpretação isoladamente, a maior dificuldade de entendimento situa-se na interpretação da complementaridade, para os estudantes da escola da pesquisa anterior. Tal ocorrência também se observa nas turmas desta pesquisa, exceto com a turma F do prof. Thiago que apresentou maior dificuldade com a interpretação “Dualista-Realista”

Tabela 12 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a experiência do interferômetro – pesquisa anterior

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	25	83,33	4	13,33	1	3,33	0	0,00
Interpretação Corpuscular	23	76,67	5	16,67	2	6,67	0	0,00
Interpretação Complementaridade	12	40,00	13	43,33	5	16,67	0	0,00
Dualista-Realista	23	76,67	3	10,00	4	13,33	0	0,00

Tabela 13 – Respostas para as quatro interpretações da MQ sobre a experiência do interferômetro – Prof. Thiago

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
Explicação da experiência do interferômetro								
Interpretação Ondulatória	23	82,1	03	10,7	01	3,6	01	3,6
Interpretação Corpuscular	07	25,0	16	57,1	04	14,3	01	3,6
Interpretação Complementaridade	08	28,6	07	25,0	12	42,9	01	3,6
Dualista-Realista	13	46,4	03	10,7	09	32,1	03	10,7

Vale notar que, apesar de todos os alunos conseguirem explicar o experimento e as observações no interferômetro, para pelo menos uma das interpretações, para muitos, não está claro que interferência é um fenômeno essencialmente ondulatório.

A questão 1.c – explicação para um fóton – ficou prejudicada. A forma como foi apresentada no quadro e a ausência de uma melhor explicação aos alunos fizeram com que muitos respondessem a essa pergunta com a explicação de cada uma das interpretações da MQ para o conceito de fóton e não para o experimento do interferômetro para um único fóton, como pretendia a proposta de ensino. Assim, serão analisadas as soluções dadas pelos estudantes a partir de seu entendimento da questão. A Tabela 7 traz o resumo das asserções feitas pela turma.

As explanações a respeito desse conceito não apresentam os mesmos índices das questões anteriores. Há uma oscilação muito maior nas respostas dos alunos. Não houve estudante que respondesse de forma incorreta a todas as interpretações. Apenas um aluno não respondeu e os demais apresentaram ao menos uma asserção correta sobre o entendimento do conceito.

As Tabelas 14 e 15 mostram como se distribuíram as respostas para cada uma das explicações da MQ acerca de fóton.

Tabela 14 – Respostas dos alunos sobre o conceito de fóton - pesquisa anterior

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
1.c Fóton								
Interpretação Ondulatória	15	50,00	7	23,33	7	23,33	1	3,33
Interpretação Corpuscular	25	83,33	4	13,33	0	0,00	1	3,33
Interpretação Complementaridade	16	53,33	5	16,67	8	26,67	1	3,33
Dualista-Realista	17	56,67	6	20,00	6	20,00	1	3,33

Tabela 15 – Respostas dos alunos sobre o conceito de fóton – prof. Thiago

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
Explicação para um fóton								
Interpretação Ondulatória	18	64,3	01	3,6	06	21,4	03	10,7
Interpretação Corpuscular	09	32,1	01	3,6	17	60,7	01	3,6
Interpretação Complementaridade	03	10,7	11	39,3	08	28,6	06	21,4
Dualista-Realista	06	21,4	09	32,1	08	28,6	05	17,9

Embora apresente um número elevado de alunos que afirmaram corretamente que, segundo a interpretação Corpuscular, o fóton é uma partícula, não se pode inferir que os estudantes entenderam que seja uma partícula quântica, portanto, diferente da partícula clássica. Muitas das asserções são apenas “partícula” ou “um tipo de partícula” e impedem de avaliar conclusivamente a respeito. As demais interpretações apresentam índices próximos de acerto (em torno de 50%), isto leva a concluir que metade da classe tem a noção exata do conceito. A seguir, a síntese das respostas sobre as demais questões.

Tabela 16 – Respostas dos alunos sobre as interpretações da Mecânica Quântica. - pesquisa anterior

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	12	40,00	17	56,67	1	3,33	0	0,00
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	10	33,33	18	60,00	2	6,67	0	0,00
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	8	26,67	17	56,67	4	13,33	1	3,33

Tabela 17 – Respostas dos alunos sobre as interpretações da Mecânica Quântica. - prof. Thiago

	A - Resposta Correta		B - Parcialmente Correta		C - Resposta Incorreta		D - Não fez	
	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%	N. alunos	%
2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?								
	12	42,9	14	50,0	02	7,1	0	0
3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.								
	05	17,9	19	67,9	04	14,3	0	0
4- De acordo com a interpretação da complementaridade...								
	0	0	22	78,6	03	10,7	03	10,7

A pergunta 2 relacionada à existência de diversas interpretações sobre natureza da luz foi respondida parcialmente (B) ou corretamente (A) por 29 alunos da escola de referência, representando que 96,7% da turma compreendeu o motivo de tantas explicações possíveis. Índice muito próximo (92,9%) é verificado na turma do prof. Thiago. Isto ocorre com as demais turmas. A maioria dos alunos consegue conceber que todas as teorias possuem plausibilidade em alguns aspectos e inadequações em outros. Mesmo considerando-se o caráter pessoal da questão 3, nota-se um alto índice de respostas corretas ou parcialmente corretas em todas as turmas.

A questão 4, que solicitava ao estudante uma reflexão sobre a existência ou não de um átomo quando não é observado, apresentou como resultado um número de 25 estudantes com resposta correta (A) ou parcialmente correta (B), demonstrando que a maioria dos estudantes concebe que a existência ou não de um fenômeno ou “coisa” independe de existência de uma teoria. Apenas em duas turmas se verifica índice próximo de 15% de respostas incorretas. Embora os resultados dos registros escritos das turmas desta pesquisa se assemelhem ao obtido pela pesquisa anterior, deve-se ressaltar que estes não refletem a mesma condição. A aplicação do questionário às turmas da pesquisa anterior ocorreu após aproximadamente um mês do término da sequência didática. A aplicação deste na pesquisa atual se deu logo após o encerramento da aula de sistematização. Especificamente na turma analisada do prof. Thiago sua aplicação aconteceu no mesmo dia, pois o professor teve duas aulas seguidas com os estudantes, fazendo a

discussão e a sistematização com registros no quadro na primeira aula e aplicando o questionário na aula seguinte.

6.3 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS FALAS E OS REGISTROS ESCRITOS

Assim como na pesquisa anterior, verifica-se neste trabalho uma participação de poucos alunos nas discussões orais. Estes estudantes, ao confrontar suas falas com seus registros escritos, têm elevado número de acertos às questões apresentadas. Cabe salientar que inclusive aqueles estudantes que quase nunca se manifestaram em sala, obtiveram êxito na resolução das questões escritas. Deve-se ainda promover uma ressalva quanto à turma analisada do prof. Thiago. Muitos estudantes estavam conversando durante o registro do questionário, como mostra a gravação da aula. Não é possível inferir se os diálogos foram responsáveis pela elevação dos acertos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, procura-se identificar como ocorre a argumentação dos alunos sobre o conceito de fóton durante a aplicação de um conjunto de atividades experimentais investigativas, envolvendo a montagem e exploração de um interferômetro, e o uso de uma simulação de computador para a idealização do experimento. Este trabalho objetivou também verificar se os alunos se apropriaram das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza e o comportamento da luz.

Analizou-se como se desenvolveram os processos de argumentação em sala de aula promovidos pelos alunos a partir de sua estrutura, como formulado por Toulmin (2006), e pela presença dos indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008c), para, posteriormente, relacionar os resultados obtidos com as pesquisas efetuadas anteriormente em condições mais favoráveis de agrupamento e estrutura da escola.

No entanto, os alunos não foram sempre estimulados à execução dos experimentos, discussão das observações, pois a dinâmica das aulas, muitas vezes, esteve pautada no discurso do professor, que levou os estudantes a uma espera passiva de respostas do professor. Constatou-se que o discurso dos alunos é alimentado pelas intervenções dos colegas e do professor e, assim, eles reelaboram seus argumentos, acatando ou refutando as contribuições das falas de seus interlocutores. A análise da aula 10 mostrou que as falas dos estudantes, inicialmente monossilábicas, são dependentes da condução da aula pelo professor. É papel deste promover e estimular as interações discursivas dos alunos. Quando isto não ocorre, os estudantes tendem a dar respostas diretas (de confirmação ou negação) aos questionamentos do professor.

Apesar de os tópicos apresentados serem habitualmente pensados para estudantes de graduação em Física, por mostrarem-se particularmente difíceis em um primeiro contato, pois são interpretações que rompem com conceitos opostos, esta pesquisa revela um alto índice de acerto pelos estudantes. Para as questões relativas às interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza da luz, cerca de 80% das classes apresenta respostas corretas ou parcialmente corretas. A explicação para a experiência do interferômetro é dada de forma satisfatória por mais 70% dos alunos. Os dados indicam que, a despeito deste entendimento, para muitos estudantes o fenômeno da interferência é corpuscular.

O conceito de fóton foi o que obteve maior oscilação nos resultados, embora nenhum aluno tenha respondido de forma incorreta a todas as interpretações da Mecânica Quântica a esse

respeito. Essa afirmação é corroborada pela análise das discussões orais, onde nas turmas de ambos os professores se percebe confusão de entendimento do conceito.

Convém ressaltar que o elevado número de acertos pelos estudantes nesta pesquisa pode ser, como exposto na análise, devido à aplicação da atividade logo após a aula de sistematização e a presença de anotações do professor no quadro em uma das turmas. Sugere-se, para eliminar as variáveis “memorização” e “reprodução” que o questionário de finalização seja aplicado mais de uma vez (próximo ao encerramento da sequência didática e decorridos três meses de seu encerramento).

Todos os alunos que participaram efetivamente dos debates em sala apresentaram registros escritos com percentual elevado de acertos das questões. Enfatiza-se que a sequência de ensino embute uma visão de que não existe apenas uma verdade científica. A questão 2 do registro escrito visa levar o aluno a compreender que são possíveis várias interpretações para um mesmo fenômeno.

Esta pesquisa não pode ser conclusiva quanto à generalização da sequência proposta, pois preconizava o estímulo ao discurso dos alunos, o fomento e desenvolvimento de uso da argumentação como suporte ao aprendizado, que somente ocorreu de forma efetiva e significativa na primeira aula da sequência proposta.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, R.; HERTZBERG, F. (Eds.). Introduction: Special issue on argumentation in education in Scandinavia and England. **Argumentation**, v. 23, p. 433-436, 2009.

ANDRIESSEN, J.; BAKER, M.; SUTHERS, D. (Eds.). **Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments**. Dordrecht: Kluwer, 2003.

ASSIS, A.; LABURÚ, C. E.; SALVADEGO, W. N. C. A seleção de experimentos de química pelo professor e o saber profissional. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

AZEVEDO, M. C. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. 1ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BAKER, M. Argumentative interactions and the social construction of knowledge. In: MIRZA, N. M.; PERRET-CLERMONT, A-N. (Eds.). **Argumentation and education: theoretical foundations and practices**. Dordrecht: Springer, 2009.

BAKHTIN, M. M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 13. ed. São Paulo: Hucitec, 2009.

BAROLLI, E.; LABURÚ, C. E.; GURIDI, V. M. Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias** [online], v. 9, n. 1, p. 88-110, 2010. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

BARRELO JUNIOR, N. **Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de Física Moderna**. 2010. 176 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, 2010.

BIANCHINI, T. B. **O ensino por investigação abrindo espaço para a argumentação de professores e alunos do ensino médio**. Bauru: Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru, 2011. 144 p. Dissertação de Mestrado em Educação para a Ciência, Área de concentração: Ensino de Ciências.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Linguagens códigos e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Using Toulmin's argument pattern to analyze genetics questions**. Paper presented at the Third European Science Education Research Association (ESERA) Summer school, Barcelona, 1996.

BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy. **The Science Teacher**, v. 62, n. 7, p. 28-33, 1995.

BYBEE, R. W; De BOER, G. E. Research on goals for the science curriculum. In: GABEL, D. L. (Ed). **Handbook of research in science teaching and learning**. New York: McMillan, 1994.

CAAMANO, A. Trabajos prácticos investigativos em química em relación con el modelo atómico-molecular de la matéria, planificados mediante um diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. **Educación Química**, v.16, n.1, p. 10-19, 2005.

CANAL, P. L.; POSUELOS, F. J.; TRAVÉ, G. Como ensinar investigando? Análisis de las percepciones de tres equipos docentes con diferentes grados de desarrollo profesional. **Revista Iberoamericana de Educação**, v. 39, n. 5, p. 1-24, 2006.

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. In: Coll, C.; Edwards, D. (Orgs.). **Ensino, Aprendizagem e Discurso em Sala de Aula**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CAPECCHI, M. C. V. M. **Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física**. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 171-189, 2000.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio**, v. 2, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v2_2/mariacandida.PDF>. Acesso em: 27 ago. 2007.

CARMO, A. B. **A linguagem matemática em uma aula experimental de física**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CARRASCO, H.J. Experimento de laboratorio: un enfoque sistémico y problematizador. **Revista de Ensino de Física**, v.13, p. 77-85, 1991.

CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

_____. Building up Explanations in Physics Teaching. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 2, p. 225-237, 2004.

CARVALHO, A.M.P; GARRIDO, E.; CASTRO, R.S. El papel de las Actividades en La Construcción Del Conocimiento en Classe. **Investigación em La Escuela**, v. 25, p. 60-70, 1995.

CARVALHO, A. M. P. (Coord.); SANTOS, E. I.; AZEVEDO, M. C. P. S; DATE, M. P.S.; FUJII, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. **Termodinâmica**: um ensino por investigação. 1ª edição. São Paulo: Feusp, 1999.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. **As diversas linguagens do ensino de ciências**. São Paulo: no prelo, 2010.

CLARK, D. B.; SAMPSON, V.; WEINBERGER, A.; ERKENS, G. Analytic frameworks for assessing dialogue in online learning environments. **Educational Psychological Review**, v. 19, p. 343-374, 2007.

DRIVER, R.; NEWTON, P. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. In: Esera Conference, Roma, 1997. **Anais...** Roma: Esera, 1997.

DOMIN, D. S. Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 140-152, 2007

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 5, p. 556-576, 1999. ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.). **Argumentation in Science Education**: Perspectives from classroom-based research. Dordrecht: Springer, 2007.

FURIÓ, C.; VALDÉS, P.; GONZÁLEZ DE LA BARRERA, L. G. Transformación de las prácticas de laboratorio de química en actividades de resolución de problemas de interés profesional. **Educación Química**, v. 16, n.1, p. 20-29, 2005.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2005.

HOFSTEIN, A; LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. **Science Education**, n. 88, p. 28-54, 2004.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. A. Doing the lesson or doing science: argument in high school genetics. **Science & Education**, v. 84, p. 757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ De BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; REIGOSA CASTRO, C.; ÁLVAREZ-PÉREZ, V. Argumentación en el laboratorio de física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPEF, 1998.

LATOUR, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora da Unesp, 2000.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório**: a produção de fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAWSON, A. E. How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of the knowledge? **Science & Education**, v. 9, n. 6, p. 577-598, 2000.

_____. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell us about the Process of Scientific Discovery? **Science & Education**, v. 11, n. 1, p. 1-24, 2002.

_____. Allchin's shoehorn, or why science is hypothetico-deductive. **Science & Education**, v. 12, n. 3, p. 331-337, 2003

_____. T. rex, the crater of doom, and the nature of the scientific discovery. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p. 155-177, 2004.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (Orgs.) **Argumentação na escola**: o conhecimento em construção. Campinas: Pontes Editores, 2011.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** [on-line], v.4, n.1, 2005. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

LEMKE, J. L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; Veal, R. (Eds.). **Reading science**. Londres: Routledge, 1998a.

_____. **Aprender a hablar ciencia**: lenguaje, aprendizaje y valores. Barcelona: Paidós, 1998b.

LEWIN, A. M. F. ; Lomáscolo, T. M. M. La Metodologia Cientifica en La Construcción de Conocimientos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 2, 147-151, 1998.

LOCATELLI, R. J. **Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao desenvolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MARTENS, M. L. **Productive questions: Tools for supporting constructivist learning. Science Children**. 1999. 53:7. [NCES] National Center for Education Statistics. Highlights from the Third International Mathematics and Science Study-Repeat (TIMSS-R). 2000. Disponível em: <<http://nces.ed.gov/timss/timss-r/highlights.asp>> Acesso em: DATA

MIRZA, N. M.; PERRET-CLERMONT, A.-N. (Eds.) **Argumentation and Education Theoretical foundations and practices**. Dordrecht: Springer, 2009.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. A linguagem em uma aula de ciências. **Presença Pedagógica**, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 3, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n3/v7_n3_a7.htm>. Acesso em: 29 abr. 2007.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, 2008 [On-line]. Disponível em: <<http://www.>>. Acesso em: DATA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

NUSSBAUM, E. M. Collaborative discourse, argumentation, and learning: Preface and literature review. **Contemporary Educational Psychology**, v. 33, p. 345-359, 2008.

PESSOA JR., O. **Conceitos de física quântica**. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

ROTH, W. M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent. In: Symposium Semiotic and Activity Theoretic Perspectives on Practice Workplace and School

Mathematics: Synergies and Dissonances?, 2002, New Orleans. **Anais...** New Orleans: AERA, 2002 [On-line]. Disponível em: <<http://www.>>. Acesso em: DATA.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências para a alfabetização científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula. In: Simpósio Internacional de Análise do Discurso, 3., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: NAD/UFMG, 2008a [On-line]. Disponível em: <<http://www.>>. Acesso em: DATA.

_____. Evidências da alfabetização científica nas séries iniciais do ensino fundamental: como podemos encontrá-las? In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 2008, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS/Unisinos, 2008b [On-line]. Disponível em: <<http://www.>>. Acesso em: DATA.

_____. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008c.

_____. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

Schwarz, B. Argumentation and learning. In: MIRZA, N. M.; PERRET-CLERMONT, A-N. (Eds.). **Argumentation and education**: theoretical foundations and practices. Dordrecht: Springer, p. 91-126, 2009.

SHILAND, T. W. Constructivism: The Implications for Laboratory Work. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 1, p. 107-109, 1999.

SOUZA, V. F. M. **A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de física**. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação e Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 1-22, 2008.

_____. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3. 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n3/v8_n3_a1.html>. Acesso em: 5 set. 2008.

ZOLLER, U. Alternative assessment as (critical) means of facilitating HOCS- promoting teaching and learning in chemistry education. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 2, n. 1, p. 9-17, 2001.

ZOLLER, U.; PUSHKIN, D. Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, 2007, 8(2), p. 153-171. Disponível em: <http://www.rsc.org/images/Zoller%20paper%20final_tcm18-85039.pdf>. Acesso em: DATA

ZULIANI, S. R. Q. A. **Prática de Ensino de Química e Metodologia Investigativa: Uma Leitura Fenomenológica a partir da Semiótica Social**. Tese de (Doutorado em Educação). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2006. 288p.

ANEXO A – Transcrição – Professor William – Turma B (noite)

Aula 10

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
1	Professor	<p>(...) luz. Então vamos dar só uma lembrada pra gente recordar em que ponto que a gente <i>tá</i>. A gente começou mais ou menos discutindo o seguinte, a gente começou falando da luz, e aí uma coisa que a gente fez foi o seguinte, a gente começou discutindo a luz e eu procurei, durante muito, muitas aulas, acredito, vamos dizer assim, não vou dizer forçar, mas eu tentei mostrar pra vocês que durante muito tempo a luz foi entendida como uma onda. Ficou durante muito tempo sendo entendida como uma onda. E aí quando você pensa numa onda, você pensa literalmente na onda do mar, <i>né</i>, então alguma coisa desse tipo, <i>né</i>, alguma coisa que é contínua, não é? E aí, quando você fala em onda, tem um modelo que nos ajudou a entender tudo que acontece com as ondas, que é o chamado modelo ondulatório. Então o modelo ondulatório, que é o modelo que <i>tá</i> apoiado na ideia de onda, ele justifica vários fenômenos. Só que tem um fenômeno que a gente não conseguiu explicar pelo modelo de onda, que foi o efeito fotoelétrico, que a gente usou o simulador, você lembra? Você jogava a luz em cima de um metal. Só que não era qualquer cor de luz que arrancava elétrons do metal. Por quê? Aí a gente tentou justificar isso, <i>né</i>. Tinha a ver com a frequência, tinha a ver com a energia da onda. Só que aí, a palavra onda aí talvez não se encaixasse bem, <i>né</i>. A gente teve que usar <i>um</i> outro modelo pra explicar o efeito fotoelétrico. Qual foi o outro modelo, pessoal, que a gente usou?</p>		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		Fora o de onda, qual era o outro modelo que a gente usou pra luz?		
2	Aluno 6	Corpuscular.		
3	Professor	Corpuscular. Então o modelo corpuscular da luz tem a ver com aquela ideia. Então aqui você tem o modelo corpuscular. Corpuscular. Pessoal, aqui eu vou colocar [ao] invés de onda, eu vou colocar partícula, <i>né</i> , que fica melhor. Então aqui ó, quando eu digo luz, aqui eu <i>tô</i> pensando a luz como partícula. E aí o modelo que diz que a luz é partícula é o modelo corpuscular. Então quando você fala em partícula o que vocês imaginam?		
4	Aluno 2	(...)		
5	Professor	Que <i>que</i> você entende pela palavra partícula, pessoal?		
6	Aluno 3	Partes.		
7	Professor	Partes, <i>né</i> ? Então é como se a luz, ela fosse composta de pequenas par... de pequenos corpúsculos, <i>né</i> ? Pequenas entidades que a gente chama isso daqui de fóton. Então [ao] invés de a luz ser uma onda, ela é formada por pequenas partículas, cada partícula dessa tem uma energia bem definida. Enquanto aqui pode ser qualquer energia, aqui não, aqui você só tem determinados valores de energia. Então cada partícula dessa de luz, que é um fóton, é deter... ela tem uma energia bem definida. E a energia dela depende daquela constante da natureza, que é a constante de Planck, e da frequência da luz. Lembra que a frequência tem a ver com a cor da luz. Então você pega, por exemplo, a cor verde. A cor verde tem uma frequência, por tanto ela vai ter uma determinada energia. Se você pegar o azul, o azul tem outra frequência, então vai ter		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		outra energia. Aqui por exemplo no modelo de onda, aqui a energia não <i>tá</i> ligada à ideia de frequência, aqui o modelo de onda <i>tá</i> ligada à ideia de intensidade. Se a luz é forte ela tem muita energia, se a luz é fraquinha ela tem pouca energia. Na verdade a intensidade de luz, ela <i>tá</i> ligada ao número de fótons. Quanto mais forte for a luz mais fótons você tem, <i>né</i> ? É, pessoal, basicamente foi esse o resuminho que a gente teve das últimas aulas.		
8	Aluno 4	Professor.		
9	Professor	Fala.		
10	Aluno 4	Mas toda partícula tem a mesma quantidade de energia, ou vai depender de partícula pra partícula?		
11	Professor	Perfeito. Então se você falar, por exemplo, da, da... Vamos pensar na cor verde, na cor verde. Se você pegar uma luz verde, a luz verde <i>tá</i> mandando vários fótons, ou seja, <i>tá</i> mandando várias partículas dessa. Cada partícula dessas, se a luz for verde, cada uma, individualmente, vai ter sempre a mesma energia. Então cada fóton de luz verde tem sempre a mesma energia, que é esse valor aqui, ó, <i>tá</i> legal? Se for um azul, o azul também vai ter vários fótons, cada fóton do azul vai ter sempre a mesma energia, que é calculada desse jeito. O que muda de cor pra cor é a sua frequência, <i>tá</i> bom? Pessoal, e aí o que a gente fez na ultima aula? A gente fez a atividade experimental do Mach Zehnder, então vamos lembrar o que <i>que</i> é o Mach Zehnder? O Mach Zehnder é esse arranjo experimental, ele é formado por dois semiespelhos, dois espelhos, e aqui tem duas telas, <i>né</i> , que a gente chama de anteparos, <i>né</i> . É a onde vai aparecer as imagens.		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		E aí qual que é a ideia? Pessoal, pra que <i>que</i> a gente usou o Mach Zehnder? Pra tentar responder essa pergunta. A luz, no final das contas, é onda ou é partícula? Porque tem hora que a gente fica usando a luz como onda, tem hora que a gente fica usando a luz como o quê? Partícula. Mas no final das contas, ela é onda ou ela é partícula?		
12	Aluno 4	Ela é onda.		
13	Aluno 3	Ela é partícula.		
14	Professor	Eu lembro que até as meninas falava...		
15	Aluno 3	Pra mim é partícula.		
16	Aluno 4	Pra mim é onda.		
17	Professor	Pra ela é onda. Teve as meninas que falavam que era o que mesmo? Era modelo...		
18	Aluno 5	Ondu...		
19	Aluno 2	Ondulatório.		
20	Aluno 5	Não. Ondu... ondo... Como é que fala mesmo? Ondacorpuscular, sei lá.		
21	Professor	É, era foto-ondulatória, alguma coisa assim, né, que as meninas... eu lembro que elas falaram no finalzinho da aula. Na verdade o que vocês <i>tavam</i> querendo dizer com isso, assim, será que não pode ser os dois ao mesmo tempo?		
22	Aluno 5	Ou ser um terceiro.		
23	Professor	Ou será, ou será que vai ter um novo, a gente vai descartar aqueles dois e vai ter um novo, não é? Pessoal, o que eu vou tentar fazer aqui com vocês um pouco é tentar mostrar pra vocês como é que os físicos responderam essa pergunta. Será que é onda? Será que é partícula? Ou será que até hoje, pros físicos, isso é uma pergunta que ainda <i>tá</i> no ar? É isso		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		que eu vou tentar discutir um pouquinho com vocês. E pra isso eu vou me basear no terceiro elemento do Mach Zehnder, <i>tá</i> legal? Pessoal, vamos lembrar, vocês que fizeram, a gente fez a parte verdadeira, <i>né</i> , o experimento real, que a gente usava os espelhos, <i>né</i> , que até o Igor ele fez a gente quebrar um, mas depois eu quebro ele também. E, além disso, a gente também usou o simulador, <i>tá</i> ok? Então a gente fez os dois, a gente fez a experiência real, e agente fez o simulador. Pessoal, vamos lembrar o simulador. No simulador se eu colocar aqui laser, se eu colocar aqui, por exemplo, laser, se eu colocar aqui pra laser, eu <i>tô</i> pensando na luz como onda ou como partícula?		
24	Alunos	Onda.		
25	Professor	Onda. Então se eu colocar aqui como onda. Ó, laser, e aí vou ligar aqui agora nosso interferômetro, <i>tá</i> ? Eu produzi essas imagens. Todo mundo que passou pelo simulador lembra que produz essa imagem. E aí qual é, como <i>é que</i> nós justificávamos isso? Como <i>é que</i> você mostra, como <i>é que</i> a gente explica, <i>né</i> , fisicamente, usando a ideia de onda, como <i>é que</i> a gente justifica que aqui, por exemplo, ora tem luz, ora não tem luz, ora tem luz, ora não tem luz? Qual é o mecanismo que nós aplicávamos pra ondas pra justificar que ora tem luz, ora não tem luz, ora tem luz, ora não tem luz? Alguém lembra?		
26	Aluno 4	Eu esqueci o nome do negócio que é, vai um caminho junto, e tem o outro que vai separado.		
27	Professor	Não tem problema. Pessoal...		
28	Aluno 6	Interferência.		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
29	Professor	Isso. A ideia central, pra você explicar por que ora tem luz e ora não tem luz, tem a ver com a ideia da interferência. Então vamos recordar rapidamente. Qual é a ideia da interferência? Num é isso daqui, ó? Você pega, por exemplo, duas ondas, ó, então, você pega duas ondas. Se elas estiverem andando juntas, o que <i>que</i> é andar juntas? Andar em fase. Quando uma <i>tá</i> no máximo, a outra <i>tá</i> no máximo. Quando uma <i>tá</i> no mínimo, a outra <i>tá</i> no mínimo. Então quando as ondas estão em fases, ó, ondas em fase, pessoal, o que acontece? Elas se somam ou elas se subtraem?		
30	Alunos	Se somam.		
31	Professor	Se somam. Então o resultado disso, vai dar uma onda maior. Então <i>tá</i> acontecendo aqui, ó. Onde tem luz é porque de algum jeito, nesse dispositivo, as ondas <i>tão</i> se somando. Agora, se você tiver ondas em fases diferentes, ó, em fases opostas... Pessoal, o que <i>que</i> é onda em fase oposta? Ó, uma vai <i>tá</i> assim, caminhando desse jeito, se propagando dessa maneira, a outra vai <i>tá</i> assim, ó. Então eu percebo o seguinte, ó, quando uma <i>tá</i> no máximo, a outra <i>tá</i> no mínimo, quando uma <i>tá</i> no mínimo, a outra <i>tá</i> no máximo. O que <i>que</i> acontece quando essas ondas se encontrarem? Elas vão tentar se somar. Mas como uma <i>tá</i> no máximo e a outra <i>tá</i> no mínimo, elas vão acabar se cancelando, ponto a ponto, <i>né</i> , ó. Uma no ma... Vamos pensar em valores, <i>né</i> . Uma <i>tá</i> em mais dois, a outra vai <i>tá</i> em menos dois, mais dois com menos dois, quanto vai dar o total? Zero. Aqui vai <i>tá</i> mais dois, aqui vai <i>tá</i> mais dois, quanto vai <i>tá</i> aqui o pico total? Mais quatro. Então		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>essa interferência é a interferência que a gente batizou de construtiva. Interferência construtiva. É quando as ondas se somam. Mas só dá pra fazer soma se elas estiverem mesma fase. Se elas estiverem em fases opostas, aqui não vai ter nada como resultado. Então essa interferência aqui é destrutiva. Então a pergunta é, pessoal, como <i>é que</i> você prova isso daqui nesse conjunto? Como <i>é que</i> eu mostro que aqui tem hora que <i>tá</i> acontecendo isso e tem hora que <i>tá</i> acontecendo isso? É isso que eu vou tentar justificar pra vocês. Como <i>é que</i> a gente consegue mostrar que hora <i>tá</i> acontecendo onda, é, interferência construtiva, e hora <i>tá</i> acontecendo interferência destrutiva. Ok? Isso pensando na parte de ondas. Pessoal, então ó, vamos tentar justificar isso então. Pessoal, pra isso a gente vai ter que lembrar um pouquinho do arranjo. Então vamos lembrar aqui o arranjo. Pessoal, eu vou desenhar aqui na lousa o arranjo, porque eu acho que talvez facilite pra gente discutir. Então ó, vamos desenhar aqui o arranjo experimental. Basicamente o arranjo não era assim, ó? Aqui você tinha uma fonte laser, ó, então aqui <i>tá</i> minha fonte laser. Aí o que <i>que</i> eu tenho aqui colocado, logo diante da minha fonte laser? Espelho ou semiespelho?</p>		
32	Alunos	Espelho.		
33	Alunos	Semiespelho.		
34	Professor	<p>Semiespelho, <i>né</i>? Ó, semiespelho. Então vou colocar aqui um semiespelho. Então, ó, semiespelho um. Aí o que <i>que</i> eu tenho aqui? Na mesma diagonal aqui eu vou ter um semiespelho dois. Ó, semiespelho dois. Depois eu vou ter aqui, ó,</p>		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		exatamente aqui eu vou ter um espelho aqui, ó, espelho um, ou dois, <i>né</i> . E aqui, ó, nessa outra diago... aqui nessa outra diagonal eu vou ter outro espelho. Espelho. Aqui é um ou aqui... Pode ser aqui um e dois aqui. E aí onde vão <i>tá</i> os anteparos? Ó, vai ter um anteparo colocado aqui pra produzir imagem, e aqui vai ter <i>um</i> outro anteparo pra colocar a outra imagem. Certo? Pessoal, nem... se você não tiver isso daqui, o anteparo, você não consegue ver as imagens, <i>né</i> , <i>tá</i> legal? Pessoal, como é que você explica isso daqui com ondas? Então vamos tentar explicar pela parte de ondas. Pessoal, pensando em onda, lembra que aqui tem interferência construtiva e destrutiva. Então ó, sai ambíguo com laser, o que <i>que</i> vai, pensando em onda, vai sair uma onda daqui. Ó, saiu a minha onda. Pessoal, quando a onda chega aqui no semiespelho, o que <i>que</i> o semiespelho faz? O que <i>que</i> o, qual é a finalidade do semiespelho?		
35	Alunos	Refletir.		
36	Professor	Refletir parte da luz. E o que <i>que</i> acontece com a outra parte da luz? Passa direto, não é isso? Então uma parte da luz vai passar aqui, e vai bater nesse espelho, quando bate no espelho vai refletir nesse espelho, e vai vir pra esse outro semiespelho. Quando chegar nesse outro semiespelho, o que <i>que</i> vai acontecer com essa onda? Parte vai passar, e a outra parte vai ser o quê?		
37	Alunos	Refletida.		
38	Professor	Refletida para o anteparo. Parte passa, parte é refletida. Lembra que o semiespelho, ele sempre faz isso, ele deixa metade da onda passar, e a outra parte ele reflete. Só que pessoal, semiespelho, quando ele		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		reflete luz, qual é a característica do semiespelho? Você <i>tá</i> vendo que aqui a onda <i>tá</i> indo desse jeito, <i>né</i> ? Quando o semiespelho reflete, ele faz uma inversão um pouco na fase, do, da onda. Então por exemplo, quando a onda aqui <i>tá</i> começando a sair com o máximo, no semiespelho a parte que é refletida, ó, aqui é a parte da luz que passou, a parte que é refletida ela sofre uma mudança de fase. Então [ao] invés dela sair desse jeito, aqui ela já tem uma mudança de fase, ó. Você vê que aqui ela <i>tá</i> no máximo, aqui já tem uma mudança de fase, então ela sai desse jeito, ó. Mas é a, é a outra metade que foi refletida. Ó, <i>tá</i> aqui a parte que foi refletida. Quando chega <i>no</i> espelho, o que <i>que</i> o espelho faz?		
39	Alunos	Reflete.		
40	Professor	Reflete. Pra onde que vai mandar essa luz?		
41	Aluno 4	Semiespelho.		
42	Professor	Pra lá. Então ó, o semiespelho. Pessoal, quando esse, é, essa luz chegar aqui, o que vai acontecer? Você tem uma onda vindo por aqui, você tem <i>uma</i> outra onda vindo por aqui, as ondas vão se encontrar, então ela só tem duas possibilidades, ou ela sofre interferência construtiva ou destrutiva. Vamos imaginar que a onda que veio pra cá, ela saiu assim, ó, essa onda aqui ela <i>tá</i> passando assim. Certo? E aí, vamos imaginar que a onda que veio por esse caminho, que <i>tá</i> indo pra cá, ela fez isso ó. <i>Tá</i> fazendo isso. Então o que <i>que</i> vai acontecer aqui? Se essa, se essa onda que passou e <i>tá</i> indo assim, e essa onda que foi refletida <i>tá</i> indo assim também, aqui vai ter		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		interferência construtiva ou destrutiva?		
43	Alunos	Construtiva.		
44	Professor	Construtiva. Então aqui vai <i>tá</i> o ponto de luz, ó, bem aqui. Ó, aqui vai gerar um ponto de luz. Por que quando elas se somam é onde tem luz. Ó, onde tem luz. Pessoal, só que aqui tem uma parte que passou, não é isso? Ó, tem uma parte da luz aqui que passou. E lembra que o semiespelho, quando ele reflete, ele inverte um pouco a fase, então vou ter isso aqui, ó. Aqui eu vou ter elas em oposição. Então o que <i>que</i> vai acontecer? Como elas estão aqui em oposição de fase, o que vai acontecer? Vai ter interferência de que tipo aqui?		
45	Alunos	Destrutiva.		
46	Professor	Então aqui vai aparecer luz ou não?		
47	Alunos	Não.		
48	Professor	Não. Então aqui, enquanto aqui tem um ponto com luz, aqui vai ter um ponto com o quê? Sem luz. Ó, um ponto com luz, o que chega <i>no</i> outro anteparo é um ponto sem luz. E aí vai invertendo, <i>né</i> , ó. Conforme, é, devido ao arranjo experimental, vai ter, onde tem luz aqui, aqui não vai ter luz. E assim por diante, ó, aqui você vai ter <i>um</i> outro ponto aqui aparecendo com luz, porque <i>tá</i> tendo interferência construtiva, e nesse intervalo entre esse ponto e esse, aqui vai <i>tá</i> tendo interferência do tipo destrutiva, certo? Então, tem hora que as ondas vão <i>tá chegando</i> assim, só que tem hora que <i>onde</i> não chega luz as ondas vão <i>tá vindo</i> assim, ó. Elas vão <i>tá vindo</i> em oposição de fase, <i>que</i> é quando não chega luz aqui, ó. Vão fazendo isso ó, em oposição de fase. <i>Que</i> é o que		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		vai produzir essa imagem. Então eu pergunto, a gente conseguiu ver exatamente essas imagens circulares bonitinhas? Você lembra, quem fez semana passada? Quem montou esse arranjo? A gente viu exatamente desse jeito, esse círculo de luz? Como <i>é que</i> apareceu?		
49	Aluno 6	Criava uma imagem menos (...), eu acho.		
50	Professor	Mas como <i>é que</i> aparecia a divisão? Não aparecia em círculos assim, não é? Como <i>é que</i> aparecia a imagem? Era uma figura parecida com essa de interferência, não é?		
51	Aluno 4	Era assim. Era uma bolinha só que tinha <i>tipo</i> uma...		
52	Professor	Entre elas, <i>né</i> ? Era mais ou menos assim, ó? A figura que apareceu era alguma coisa assim, ó? Tinha hora que tinha luz, aí tinha um pedaço sem luz, não era isso? Tinha um pedaço com luz, <i>aí</i> um pedaço sem luz, era uma coisa desse tipo, <i>né</i> ? Ou seja, era uma figura de interferência, <i>né</i> ? Que <i>que é</i> a figura de interferência? Ora tem luz, ora não tem luz, ora tem luz, ora não tem luz. Só que não tinha esse formato, tinha um formato parecido com isso, <i>né</i> , de linhas <i>né</i> ? Ó, ora tinha luz, não tinha luz, ora tinha luz, ora não tinha luz. Pessoal, isso apareceu desse jeito por conta da montagem mesmo, é um arranjo. O difícil lá, foi fácil fazer o arranjo pessoal? Pessoal, quem fez o experimental, levou muito tempo pra fazer o experimental ou foi rápido? Demorou, não demorou? Qual é a principal dificuldade, pessoal, quando você <i>tá</i> fazendo um arranjo?		
53	Alunos	Alinhar.		
54	Professor	Ó, perfeito. O alinhamento ele é fundamental, se você não conseguir		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>alinhar, ó, esses semiespelhos e os espelhos, você não consegue gerar a imagem de interferência. A figura de interferência. Você consegue conduzir luz, mas você não consegue fazer aparecer o quê? A figura de interferência. Então isso mostra pra gente o seguinte, pra quem <i>tá</i> no laboratório, a vida de físico experimental, ou de um cientista que trabalha com experimento, não é tão fácil, não é? Não igual na teoria, não é? Você pega o exemplo aqui, o simulador, quem pega o simulador já <i>tá</i> tudo prontinho, ó, já <i>tá</i> tudo alinhado, <i>tá</i> tudo fixo no lugar certo, os anteparos tão colocados no lugar certo. Só que, quando você vai montar o experimento verdadeiro, você tem um problema pessoal, a fonte, a fonte, vocês, é, no começo, até a fonte vocês tinham que saber onde era o lugar correto, <i>né? Tava</i> certinho a fonte no começo? O que <i>que</i> vocês tinham que fazer no começo com a fonte? Colocar na posição correta, <i>né? Pra</i> bater pelo primeiro semiespelho. Então você vê que aqui tem todo um problema de alinhamento. Se você não alinhar certo, não tem como você tirar a imagem, <i>tá? Pessoal</i>, a ideia é a seguinte, ó, é, se a gente tivesse o tempo um pouquinho maior, a gente conseguiria, ó, nós conseguiríamos chegar exatamente nisso, ó, é que a gente não teve tanto tempo pra explorar. Mas se a gente tivesse tido um tempo um pouco maior, pra alinhar os espelhos, os semiespelhos, com calma, é que infelizmente nós não tivemos tanto tempo. Mas a gente conseguiria fazer aparecer isso. Isso aqui, ó, foi a imagem que o pessoal conseguiu produzir no anteparo, nesse anteparo aqui, ó. Ó esse aqui é do simulador. Esse daqui</p>		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		é a experiência real mesmo, usando aquele experimento do Mach Zehnder. Pessoal, <i>compara</i> as duas, são iguais ou não?		
55	Aluno 7	Não.		
56	Aluno 8	Não.		
57	Professor	Mas <i>tão</i> bem próximas, não <i>tão</i> ? Ó, um centro de luz, aí aqui em volta aparece um pedaço que <i>tá</i> sem luz, ó. Um pedaço com luz, um pedaço sem luz. <i>Tá lembrando</i> muito o que tem no simulador, <i>né</i> ? Ou seja, o que é <i>que tá</i> acontecendo aqui? Tem semionda. O que <i>tá</i> acontecendo aqui que tem semionda é hora interferência construtiva, hora interferência destrutiva. E isso tem a ver com a escolha dos caminhos que a luz faz, <i>né</i> ? Ora a luz vindo por aqui, ora a luz vindo por aqui, e o encontro delas no semiespelho. Pessoal, se eu tirasse esse semiespelho o que <i>que</i> aconteceria? Que <i>que</i> acontecia?		
58	Aluno 2	Refletia no outro.		
59	Professor	Só refletia? Que <i>que</i> acontecia nos anteparos? <i>Aparecia</i> a imagem de interferência?		
60	Alunos	Não.		
61	Professor	Que <i>que</i> aparecia?		
62	Aluno 4	Um ponto.		
63	Professor	Só a luz mesmo, <i>né</i> ? Ou seja, onde vai acontecer a interferência construtiva e destrutiva é no semiespelho dois. Ele é que é a parte importante. Se você tirar o semiespelho dois, ou ele não estiver devidamente alinhado, você não consegue produzir essas imagens. Então, o problema disso daqui, ó, que a gente não conseguiu produzir exatamente como <i>tá</i> no simulador, é		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>questão do arranjo experimental mesmo, essa é a dificuldade. Pessoal, a gente <i>tá</i> no século XXI, não é isso? Você imagina, a gente no século XXI, teoricamente a gente já tem acesso a um monte de informações, e eu não passei pra vocês algumas. Mas você vê que na hora de montar mesmo o experimento já é complicado, não é? Mesmo tendo simulador. Imagina no século passado, quando o pessoal tentou fazer isso, e não tinha simulador. Eles tinham que tentar fazer o experimento real mesmo. Você imagina a dificuldade que o pessoal teve. Pessoal, isso aqui é pesquisa que o pessoal continua fazendo até hoje sobre a natureza da luz. Então em que ponto que a gente <i>tá</i>? O ponto que a gente <i>tá</i> é o seguinte, eu mostrei pra vocês o simulador, ó, voltando pro simulador. A gente viu que no simulador aparece a figura de interferência. Ó lá, a figura de interferência. Se eu fizesse um experimento real, também aparece, ó. Ó o experimento real. Ó, essa aqui é a figura do experimento real. É que a gente não teve tanto tempo pra poder fazer o alinhamento, mas a gente produziu coisa parecida. A gente conseguiu chegar <i>na</i> figura de interferência. Agora vem a pergunta pessoal, que é isso que é a, o grande centro dessa nossa discussão. Com onda, tranquilo, <i>né</i>? Porque onda tem hora que sofre interferência construtiva e destrutiva. Pessoal, e com fótons, se eu pudesse eu (...) fótons, ó. Vamos lá pro simulador, ó. Vou desligar aqui o, desliguei, agora eu vou colocar fótons. Pessoal, quando eu coloco fótons, eu <i>tô</i> pensando agora em qual modelo?</p>		
64	Aluno 6	Corpuscular.		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
65	Professor	Partícula. Corpuscular. Então como é que você explica agora as imagens usando fótons? Pessoal, fóton, fóton é uma partícula, não é isso? Como é que você explica agora, imagina que aqui tem um (...) de partículas, como é que você vai explicar agora as mesmas imagens usando partículas? Como <i>é que</i> fica essa discussão usando partículas? Então vamos lá colocar partícula? Vamos ver o que acontece. Se eu colocar partícula aqui pessoal, qual a imagem <i>que</i> aparece?		
66	Aluno 4	Depois de um tempo a mesma coisa?		
67	Professor	Depois de <i>um</i> certo tempo o que <i>que</i> acontece?		
68	Aluno 4	Aparece a mesma imagem.		
69	Professor	Aparece a mesma imagem? Pessoal, todo mundo viu isso? Ó, vamos ligar aqui ó, fótons, ó, liguei. Ó lá, o laser <i>tá</i> piscando, significa que cada piscada que ele dá é um fóton que ele <i>tá</i> mandando. Pessoal, se você manda fótons, ó, tem hora que tem fóton chegando <i>nesse</i> anteparo, hora tem fóton chegando <i>no</i> outro, não é isso? Mas vamos colocar um monte de fótons, vamos acelerar isso. Ela disse que se a gente acelerar, o que <i>que</i> acontece?		
70	Aluno 4	Vai ser a mesma imagem.		
71	Professor	A mesma imagem? Então, ó, vamos acelerar aqui, ó. Acelerei, ó. Ó lá o que <i>que</i> vai aparecendo. Ó, ó, tô acele.. Ixi...		
72	Aluno 6	Saiu.		
73	Aluno 4	Acelerou demais, professor.		
74	Professor	Nossa, foi tão emocionante o experimento que ele...		
75	Aluno 4	O professor quebrou o simulador.		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
76	Professor	(...) <i>tá</i> , então deixa eu colocar de novo, ó. Vamos ligar aqui os fótons. Liguei. Vamos dar uma acelerada aqui, ó, só pra ver lá a imagem, ó. Pessoal, até agora vocês <i>tão</i> percebendo que <i>tá</i> aparecendo praticamente a mesma imagem, não é isso? Pessoal, agora como <i>é que</i> eu justifico essas imagens usando fótons? Vamos lá, como <i>é que</i> vocês arriscariam, pessoal, justificar isso com fótons?		
77	Aluno 4	Eu não, eu não justifico.		
78	Professor	Como <i>é que</i> você pensaria aqui nos espelhos? Ó, se eu apagasse isso aqui, ó. Se eu apagasse isso aqui agora e usasse fótons? Ó. Como <i>é que</i> você vai justificar essas imagens usando fótons?		
79	Aluno 4	Professor, uma dúvida.		
80	Professor	Fala.		
81	Aluno 4	Quando <i>é o</i> modelo ondulatório a luz <i>é um</i> eixo. Nesse caso, o que seria a luz?		
82	Professor	Então aqui eu <i>tô</i> usando a mesma, o mesmo laser, só que agora eu <i>tô</i> imaginando não a luz mais saindo do laser desse jeito, <i>né</i> , ó. Antes a luz <i>tava</i> saindo <i>o</i> laser desse jeito, agora o que <i>tá</i> saindo do laser são as partículas, são os fótons. Então cada vez que ele dá uma piscadinha dessa, <i>é um</i> fóton que ele mandou.		
83	Aluno 4	Mas dá pra gente fazer aquela experiência, do simulador, com laser?		
84	Professor	Ah, a gente vai chegar <i>nessa</i> discussão daqui a pouquinho. No simulador dá pra fazer isso, não <i>era</i> ? Mas será que no experimento real dá pra fazer isso? Será que eu consigo mandar um fóton lá de cada vez, <i>né</i> , num laser? Mas tinha laser, <i>né</i> ? Será		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		que dá pra fazer isso? Aí daqui a pouco a gente discute isso, mas eu queria que vocês pensassem um pouco nisso. Pessoal, se fosse fóton agora? Ó, vamos imaginar um fóton. Pessoal, <i>tá</i> aqui, ó. Pessoal, vamos pensar agora nos fótons. Pessoal, como é que fica aqui nos fótons? Vamos lá. Como é que você justifica, pessoal? Sai fóton daqui, quando o fóton chega aqui, que <i>que</i> vai acontecer com ele? Pessoal, será que dá pra dividir fóton? Pessoal, é possível dividir o fóton? Vamos pensar, o que <i>que</i> é um fóton? É a menor, ó, é a menor coisa que constitui a luz, é a menor partícula que você tem da luz. Dá pra dividir fóton? Pessoal o que eu posso adiantar pra vocês é o seguinte, até hoje nunca conseguiram dividir um fóton. Nunca foi encontrado metade de um fóton. Então se não dá pra dividir um fóton, nunca conseguiram encontrar metade, então que <i>que</i> vai acontecer? Se saiu um fóton daqui, ó. Sai um fóton daqui. Chega aqui <i>no</i> semiespelho, que <i>que</i> ele vai ter que fazer?		
85	Aluno 8	(...)		
86	Professor	Fala de novo. Não, fala, fala.		
87	Aluno 8	(...)		
88	Professor	Pessoal, ele vai ter que fazer uma escolha, concordam? Ou ele vai pra onde? Ou ele vai seguir o caminho pro espelho um, reflete no espelho e depois vai pro semiespelho dois. E aí quando chega <i>no</i> semiespelho dois o que <i>que</i> ele vai fazer? Ou ele vai pro anteparo um, ou ele vai para o anteparo dois. Ó, vê se não é isso. Pessoal, vê se não é isso que a gente <i>tá percebido</i> lá. Se você ficar olhando aqui, <i>repara</i> como é que <i>tá</i> os anteparos. Ó, <i>repara nos</i>		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		anteparos. Cada vez que ele pisca aqui, <i>repara no</i> que <i>é que</i> acontece nos anteparos. <i>Tá</i> indo sempre pra um, <i>tá</i> indo sempre pra outro, ou <i>tá</i> fazendo uma escolha aleatória?		
89	Alunos	Escolha aleatória.		
90	Professor	<p><i>Tá</i> meio aleatório. Mas o importante é assim que a figura que aparece é a mesma. Então você percebe o seguinte, quando você trabalha com fóton, parece que o fóton faz uma escolha de caminho, <i>né?</i> Porque ó, tem hora que parece que alguns que vem pra cá, segue esse caminho. Tem outros fótons que parece que quando chegam <i>no</i> semiespelho, eles fazem esse caminho aqui, ó. Vem pra cá, chega aqui ele faz uma nova, uma nova escolha, ou ele vai direto, ou ele vai pro anteparo dois. E aí vai gerando aquela imagem. Agora pessoal, o que é curioso, vê se vocês concordam comigo, me <i>ajuda</i> aqui. Por que <i>que</i> a figura é a mesma? Como <i>é que</i> você prova... Com onda beleza, interferência construtiva e destrutiva. Mas como <i>é que</i> você consegue mostrar que tem pedacinho aqui que não tem luz, e tem pedaços que têm luz, usando fóton? Como <i>é que</i> você consegue provar isso, pessoal? Vamos pensar. O que <i>que</i> passa na cabeça de vocês pra mostrar que ora tem luz... Onde tem luz? A que <i>tá</i> chegando fótons, ou que não <i>tão</i> chegando fótons? <i>Tá</i> chegando ou não?</p>		
91	Aluno 4	<i>Tá</i> chegando.		
92	Professor	<p><i>Tá</i> chegando. <i>Aonde tá</i> branquinho, tem fótons ou não tem fótons? Não tem fótons? Mas como <i>é que</i> você prova isso? Como <i>é que</i> você tenta justificar isso?</p>		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
93	Aluno 4	É, porque a luz é vermelha e o fundo é branco. Aí onde <i>que</i> tem o pontinho Vermelho é porque chegou luz.		
94	Professor	Pessoal, então ó, a gente <i>tá</i> num ponto que assim... Então primeira coisa. Pessoal, fóton pode se dividir?		
95	Alunos	Não.		
96	Professor	Não dá pra dividir fóton, então ele tem que fazer uma escolha. Então esse tipo, essa ideia, é o tipo de discussão, pessoal, que a ciência, os físicos e os químicos ficaram muito tempo se perguntando. Poxa, se quando eu uso luz, eu consigo explicar a luz pensando em onda, pensando nas interferências, como <i>é que</i> eu explico a mesma imagem pra fóton? Será que fóton sofre interferência? Será que, será que o (...) passa assim na nossa cabeça? Ó, chega um fóton aqui, fóton não se divide, mas se <i>tá</i> aparecendo imagem, será que de alguma, por algum motivo que a gente ainda não pensou, será que o fóton não poderia se dividir aqui? Vem uma parte do fóton pra cá, vem <i>uma</i> outra parte pra cá. Aí eles se encontram aqui. Quando eles se encontrarem aqui, um fóton vai interferir com ele mesmo. Será que o fóton pode interferir com ele mesmo? É uma coisa meio absurda, mas é um tipo de explicação que os físicos ficaram muito tempo tentando explicar. E daí vieram quatro explicações possíveis, que são as interpretações. Hoje a gente tem várias explicações pra isso. Mas nós hoje, eu vou apresentar pra vocês, quatro explicações possíveis do que <i>tá</i> acontecendo. E aí a tarefa de vocês hoje vai ser o seguinte, pessoal, vocês vão ter que tentar julgar essas quatro interpretações que		

Turno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		eu vou dizer pra vocês. E a partir do julgamento dessas quatro interpretações, você vai me dizer qual delas convence mais vocês, <i>tá</i> ? Essas quatro interpretações são essas daqui gente, ó. Ó, as quatro interpretações são essas, ó. Ó, eu tenho essas quatro interpretações. Então a gente vai fazer assim, ó, tem um intervalo agora, <i>né</i> ? Eu vou dar uma pausa, a gente volta depois pra gente, pra eu mostrar pra vocês essas quatro interpretações, aí vocês depois vão ter que escolher uma delas e dizer porque vocês acham ela melhor, <i>tá</i> legal?		

Aula 10-A

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
1	Professor	(...) você pensa assim, poxa, como eu sou burro em não conseguir responder isso. Pessoal, muito pelo contrário, é uma pergunta que até hoje incomoda os físicos. Porque até hoje a gente continua tendo uma dificuldade muito grande de dizer se a luz é onda ou é partícula. Você pode ver, até historicamente você percebe isso. Teve momentos na história, quando o pessoal começou a estudar a luz, que muitos físicos, ou cientistas, usavam a luz como onda, depois teve momentos na história que a luz passou a ser usada como partícula. E aí ficou nesse vaivém. Voltou a ser usada como onda, voltou a ser usada como partícula. Fala.		
2	Aluno 9	Então, teve uma reportagem que eu vi na televisão, que o		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		cientista <i>tava</i> tentando ver se realmente, teve gente que foi pra lua, e pra isso ele usou um trato de luz como partículas, disseram que eles colocaram refletor lá, então somente esse refletor iria refletir essas partículas que ele <i>tava</i> enviando.		
3	Professor	Mandava até a lua, batia lá no espelho e voltava.		
4	Aluno 9	Isso. Primeiro puseram na lua, mostraram que não reflete, depois colocaram, disseram que colocaram esse aparelho, e refletiu.		
5	Professor	E aí de lá, a explicação da reportagem fala fótons de luz...		
6	Aluno 9	Basicamente isso.		
7	Professor	Pessoal, se ele <i>tá</i> falando fóton é porque ele <i>tá</i> pensando nisso, partícula de luz, <i>tá</i> ok? Pessoal, então a pergunta é assim, como <i>é que</i> os físicos fizeram pra resolver esse impasse, se a luz é onda ou partícula? Então na verdade o que aconteceu foi assim, vários cientistas acabaram encontrando maneiras de explicar o que <i>tava</i> acontecendo. E aí, hoje, por exemplo, tem várias interpretações pra natureza da luz. Eu vou apresentar... Por que <i>que</i> eu digo várias? Por que aqui eu vou mostrar pra vocês quatro maneiras de você interpretar a luz. Só que hoje tem muito mais, mas pra nós que estamos aqui eu vou apresentar quatro. Pessoal, prestem muita atenção, e vão tentando na cabeça de vocês já ir fazendo o julgamento pra		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>você ver qual delas <i>te</i> convence mais, <i>tá</i> legal? Então, por exemplo, ó, hoje tem quatro interpretações possíveis pra luz. Então quando o pessoal fez essa experiência aqui com o interferômetro, os cientistas depois encontraram quatro maneiras de dizer como a luz se comporta naquele experimento, que eles chamaram de interpretações. Então cada interpretação é uma maneira de justificar o que <i>tá</i> acontecendo aqui e porquê que apareciam aqui as figuras de interferência. Então a primeira interpretação gente, ó, é a que eles chamaram de ondulatória. Então vamos ver o que diz a interpretação ondulatória. O nome já <i>tá</i> dizendo, né? O nome ondulatória lembra onda, não é isso? Então tudo que vai acontecer aqui, nessa interpretação ondulatória, lembra o que acontece com uma onda, <i>tá</i>? Então por exemplo, interpretação ondulatória. O fóton se divide em dois meio fótons. Pergunta, já foi achado um meio fóton? Até hoje não foi achado. Mas essa explicação diz que, ela diz que talvez isso aconteça. Ó, o fóton se divide em dois meio fótons. Então quando ele sai daqui, ó, quando ele chega <i>nesse</i> semiespelho, ele vai se dividir em duas partes, vem um semi, metade de um fóton pra cá, e metade pra lá. Fala.</p>		
8	Aluno 4	Então por que essa ideia de onda com fóton?		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
9	Professor	<p>Então, vamos, vamos analisar isso. Vamos ler primeiro tudo, depois a gente vai tentar, vamos entender porque que chamaram de ondulatória. Ó, o fóton se divide em dois meio fótons, no primeiro semiespelho. Então quando chega <i>no</i> primeiro semiespelho divide meio fóton pra cá, meio pra lá. Os dois meio fótons se re combinam no segundo meio espelho, no segundo semiespelho. Então ó, veio metade de um fóton pra cá, bate no espelho, e vem pra cá. A outra metade do fóton bate nesse espelho e vem pra cá. Quando chega aqui os dois vão se recombinar. Aí ele diz o seguinte, que ó, se re combinam assim como acontece com ondas. Então você <i>tá</i> vendo que assim, você <i>tá</i> falando de fótons, mas ele <i>tá</i> dizendo que o que acontece com os meio fótons é algo parecido com o que acontece com ondas. Como se viesse uma onda por aqui, uma onda por aqui, e quando elas se encontram vai gerar aquela interferência. Então é isso que ele <i>tá</i> dizendo aqui, ó. Produzindo o padrão de interferência observado na saída. Então é como se fosse assim, ó, chega aqui, ó, vem aqui um fóton de luz, ó, fóton, uma partícula de luz. Quando essa partícula bate aqui, é como se fosse um... vamos imaginar o fóton literalmente como uma bolinha, uma partícula de luz, alguma coisa maciça, é como se ele, se cortasse aqui, metade. Vem</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>metade pra cá, e vem metade pra cá. Aí bate nesse espelho, uma metade <i>tá</i> vindo aqui. A outra metade bate nesse espelho e vem pra cá. Quando ele chegar aqui, eles vão se encontrar de novo. Quando eles se combinarem <i>vai</i> gerar, onde ele bater vai gerar aquela luz, aquele pontinho de luz. Isso é uma interpretação. Pergunta, existe meio fóton? Até hoje não foi detectado, mas teve físicos, nós tivemos cientistas que imaginaram isso como uma possível explicação pro que <i>tá</i> acontecendo, <i>tá</i>? Pessoal, se é bom ou ruim, depois vocês vão ter que julgar, <i>tá</i> legal? É, pessoal, segunda explicação. Interpretação corpuscular. Quando ele fala corpuscular você <i>tá</i> pensando no fóton mesmo como partícula, então não dá pra dividir ele. Então vamos ver, ó. O fóton é uma partícula, uma coisa maciça, então ele não se divide, não dá pra dividir. Se ele não divide, ele vai ter que fazer uma escolha, concorda? Pessoal, o que <i>que</i> ele faz aqui, se ele não pode se dividir?</p>		
10	Aluno 4	Decide pra qual lado que ele vai.		
11	Professor	<p>Ou ele vai por um caminho, ou ele vai pelo outro. É uma questão de probabilidade, concorda? É uma coisa estatística. Ou ele vai seguir esse caminho, cinquenta por cento de ir por aqui, ou ele vai por esse caminho, cinquenta por cento de ir por aqui, já que ele não pode se dividir. Então ó, essa interpretação, ela fala</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>assim, ó, o fóton é uma partícula e não pode dividir. Se ela não divide, então assim o fóton, ela vai seguir um único caminho possível. Ou ele vai seguir esse caminho, ó, e aí vem pra cá ou pra cá, é sempre o mesmo caminho. Ou ele vem por aqui e faz de novo um único caminho, ou por aqui, ou por aqui, já que ele não pode se dividir. Então ele fala assim, ó, assim o fóton segue um único caminho bem determinado. Ou seja, você vai saber onde o fóton tá. Já que não dá pra dividir ele, então você vai saber onde ele tá. Ou ele tá fazendo esse caminho, ou ele tá fazendo outro. Você percebe que no primeiro, já que ele se divide, você vai, você não vai, você vai ter chances iguais de onde ele tá, em cada lugar. Aqui não, você vai saber exatamente onde ele tá. Então ó, no semiespelho o foco pode ser refletido ou transmitido com a mesma probabilidade. Então quando o fóton sai daqui ou ele passa direto, questão de estatística, ou ele passa reflete, as probabilidades são iguais, tá bom? Qual é a grande diferença do primeiro pro segundo? Qual <i>que</i> é, pessoal, a grande diferença da primeira interpretação pra segunda?</p>		
12	Aluno 6	Uma ele se divide e no outro ele passa diretamente.		
13	Professor	Exatamente. Aqui ele <i>tá</i> vindo, aqui <i>tá</i> dizendo que existe a possibilidade dele se dividir, e quando eles se encontram acontece algo parecido com o de ondas, quando uma onda		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>interfere com a outra. Aqui ele não pode dividir. Aqui quando ele se divide ele pode <i>tá</i> num caminho ou no outro. Nessa interpretação ele só pode <i>tá</i> num lugar, <i>tá</i> legal? Pessoal, terceira interpretação, a interpretação dualista-realista. Pessoal, presta bem atenção nessa que é interessante. Talvez aqui, essa aqui causa um pouquinho de perplexidade, <i>né</i>, porque dividir fóton, <i>né</i>? Agora ó a terceira interpretação, o fóton é composto de duas partes, então olha que coisa, que pensamento estranho, o fóton é composto de duas partes, ele é uma partícula e é uma onda associada. É como se você pensasse assim, ó, assim a partícula é como se fosse um surfista viajando sobre uma onda, e só pode, ó, só pode estar onde existe a onda. É como se fosse alguma coisa assim, ó, onde tiver a onda, ó, onde tiver uma onda, junto da onda, você também vai ter o que aqui junto? Uma partícula. Você vai ter os dois juntos. Então vai ter a onda e você também vai ter a partícula. Lembra que as meninas falaram isso na aula passada? Por que <i>que</i> não pode ser os dois ao mesmo tempo? Então a onde tiver onda você também vai ter o quê? Partícula. Então vamos ver aqui o que <i>que</i> ele fala, ó, é... onde existe a partícula também vai ter a onda. Então a onda ela pode se dividir, e ela pode se recombinar nos semiespelhos. Então é como se fosse assim, ó,</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>sai uma onda aqui, ó, vamos fazer de novo os caminhos. Ó, sai uma onda aqui. Pessoal, onde tiver onda vai ter também o quê? Partícula, então aqui também tem uma partícula. Se vier uma parte da onda pra cá, o que vai ter também aqui desse lado? Partícula. Se vier uma onda pra cá, o que <i>que</i> vai ter também? Partícula. Quando elas se encontrarem aqui, aqui também vai ter o quê? Partícula. Essa aqui também vai ter o quê? Partícula. E aí quando elas se encontrarem aqui você vai produzir, <i>tá</i> aqui, ó, você pode produzir de novo interferência. O curioso dessa interpretação é que você não <i>tá</i> abrindo mão da história da interferência construtiva e destrutiva. O que você <i>tá</i> fazendo é dizendo assim, que <i>aonde</i> tem onda obrigatoriamente também vai ter o quê? Partícula. É como se os dois fossem inseparáveis. Pega essas duas coisas aqui, ó, é como se elas fossem inseparáveis. Aqui só tem um, ó, aqui ó, aqui é só fóton, mas o fóton se divide, aqui é só partícula, aqui é partícula e onda juntas, <i>tá</i> legal?</p>		
14	Aluno 9	A partícula não se divide junto com a onda?		
15	Professor	<p>Deve ser curioso. A partícula você não se divide, o que se divide é só a onda. Mas onde tiver onda lá também vai ter uma partícula. A luz, enquanto onda, a onda vai se dividir, mas a partícula não. Mas... não entendi.</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
16	Aluno 10	(...)		
17	Professor	Não, pode falar, pode falar. Ó, como se pensasse assim, na onda tem muitas, muitos fótons, alguns fótons vão acompanhar essa onda, outros fótons vão acompanhar essa onda. É isso que ele <i>tá</i> tentando dizer. E quando chegar aqui essas ondas vão se interferir de maneira construtiva ou destrutiva. Ó, por exemplo, <i>onde</i> chegou luz, a interferência é de que tipo?		
18	Alunos	Construtiva.		
19	Professor	Então se vai ter luz aqui, também vai ter junto, o quê? Fótons. Onde não tiver luz é porque não chegou onda, então não vai ter o quê? Fótons. É essa a ideia. Essas duas coisas aqui, ó, são inseparáveis. Ó a onda ela sempre vai <i>tá</i> junto com a partícula, ó, onda e partícula juntas. Ó, vamos ver o último pessoal. O da complementariedade. Vamos ver o que <i>que</i> fala. A complementariedade fala assim, ó, o fóton se manifesta ora como onda, ora como partícula. Ou seja, tem hora, tem momentos que ele tem um comportamento como onda, mas tem outros momentos que ele tem um comportamento como partícula. Ou seja, não são os dois ao mesmo tempo. Aqui é ora é uma coisa ou, em outros momentos, ora é outra. Você vê que aqui os dois <i>é</i> ao mesmo tempo, ó, aqui os dois parecem ao mesmo tempo. Essa aqui é dualista-realista, ó. Dualista-realista. Aqui tem os		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>dois ao mesmo tempo. Ó, por isso que aqui tem o “e”, ó, é um e o outro juntos. Aqui não. Nessa, dá complementariedade, ó, complementariedade, é um ou outro. Ou ora a luz é onda, ou, tem hora que a luz é partícula, ok? “Ou”. Aqui é “e”, os dois ao mesmo tempo, ó, aqui é ao mesmo tempo. Aqui são os dois sempre juntos. Aqui não. Tem ora que uma, tem ora que a luz é onda, só onda, tem ora que a luz é só o quê? Partícula. Agora vamos ver como é que esse explica. Ó, vamos ver. Ó, o arranjo que ele vai dizer se é onda, que ele vai dizer se é partícula. Como <i>é que</i> eu vou saber se é onda ou se é partícula? Então nessa explicação ele diz assim, que é o arranjo experimental, conforme eu mudo o experimento, dependendo de como eu fizer esse arranjo aqui, colocar os espelhos, colocar os anteparos, dependendo do que eu fizer, sou eu, pelo arranjo, que vou determinar se vai aparecer um comportamento de onda ou se vai aparecer um comportamento de partícula. É como se nós interferíssemos no resultado. Então ó, o arranjo experimental é que determina a cara do fóton. Então dependendo de como você montar ali, você montou, ah, eu montei isso porque eu quero que apareça o resultado como o quê? Onda. Agora eu vou modificar aquilo ali para o resultado aparecer como sendo o quê? Partícula, fóton. Então</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p>dependendo de como você monta aquilo ali você pode gerar um ou outro. Pessoa, você percebe as diferenças entre eles? O que <i>que tá</i> acontecendo nesse aqui? Você tem os dois ao mesmo tempo, não dá pra separar os dois. Nesse daqui você que determina o resultado. Dependendo de como você monta, ou você faz aparecer resultados tipicamente de onda ou, dependendo de como você mexe naquilo, você faz aparecer resultados de partícula. Pessoal, é bem estranho pensar desse jeito, não é? Você interfere no resultado, <i>tá?</i> Então terminando, ó. É, ó, se podemos determinar o caminho, se você sabe qual é o caminho que está sendo feito, você <i>tá</i> tendo comportamento de quê? Fóton. <i>Lembra</i> que sempre que você souber onde está é fóton. Ó, corpuscular, você sabe o caminho, né? Ou ele veio por aqui, ou ele veio por aqui. Não dá pra <i>tá</i> os dois ao mesmo tempo. Nesse daqui, ó, nesse daqui ele divide igualmente, ó. Tem onda e tem partícula, aqui você tem onda e também tem partícula. Nesse último aqui você que diz, ou vai ter onda, ou vai ter partícula, não tem os dois ao mesmo tempo. Aqui não tem os dois ao mesmo tempo. Ou aparece só isso ou só aparece isso, <i>tá?</i> Então ó, interpretamos o, ó, o arranjo experimental é que determina a cara do fóton. Se observar, se aparecer interferência, quem é</p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<i>que</i> sofre interferência? É onda. Onda é que sofre interferência, construtiva ou destrutiva. Se não aparecer interferência é porque você <i>tá</i> tendo comportamento de quê? Partícula, fóton. Pessoal, fóton não divide, até onde a gente sabe, até hoje. Se não, fóton não divide, então ele vai ser uma partícula, e vai escolher um único caminho. Pessoal, de uma maneira muito breve, se a gente pensar assim, só pela pequena exposição que eu fiz, qual <i>que</i> vocês acham que talvez seja a que mais satisfaz a experiência?		
20	Aluno 4	Terceira.		
21	Professor	Hã?		
22	Alunos	Quarta.		
23	Professor	Ó, quem gosta da interpretação ondulatória? Acha que o fóton pode se dividir? Quem acha que essa interpretação é uma boa resposta? Quem acha que a corpuscular é uma boa explicação? Aí, na folhinha, vocês vão ter que justificar, <i>tá</i> ? O porquê que vocês <i>tão</i> ... vocês podem se basear no que <i>tá</i> aqui, mas coloquem com as palavras de vocês, <i>tá</i> ? Pessoal, quem acha que a dualista-realista é uma boa explicação? Lembra que a dualista-realista, onde tem onda tem partícula junto. Aí vocês vão ter que justificar lá o porquê que vocês acham, <i>tá</i> ? E quem gostou da última, da complementariedade? Ó, você vê que <i>tá</i> bem dividido, <i>tá</i> , não <i>tá</i> tão... Talvez a que foi menos aceita aqui é a ondulatória. Essa		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		história do meio fóton é mais complicada. Pessoal, pessoal, não se ó, o que <i>que</i> eu vou pedir com o máximo cuidado pra vocês? Pessoal, na folhinha tem de responder com o máximo seguinte de detalhes a tua argumentação. O que eu gostaria que vocês fizessem e começassem agora é argumentar o mais detalhadamente possível. Lá vão ter... Como <i>é que</i> vai ser a atividade que vocês vão fazer agora? A atividade é individual, então a gente vai voltar às carteiras direitinho para o nosso lugar		
24	Aluno 4	Não, não, como assim?		
25	Alunos	(conversas)		
26	Professor	É.		
27	Aluno 11	A gente faz assim mesmo.		
28	Professor	Pessoal, não é prova, não, não é, não é prova, mas cada um tem que fazer individualmente, vai ter que interiorizar, puxa o teu...		
29	Aluno 4	Chico Xavier.		
30	Professor	Isso. Incorpora, incorpora aí o Newton, Einstein, (...). ó, aqui é o seguinte, ó, vai distribuindo pra você e pra você.		
31	Todos	(conversa)		
32	Professor	Pessoal, ó, acompanha aí comigo. Que vocês vão fazer. Não tem problema. Pessoal, o que <i>que</i> vocês vão fazer nessa folhinha, ó. Primeiro que vocês vão fazer é o seguinte, ó, onde tem professor já marca meu nome, Wellington. Então ó, só pra não esquecer, Wellington.		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		Pessoal, já marquem a data de hoje, dia trinta, então dia trinta do onze de dois mil e doze. Pessoal, marca o seu nome, onde <i>tá</i> nome marca seu nome. Número, marca o seu número e terceiro B, <i>tá</i> beleza? Então primeira coisa é preencher o cabeçalho da prova.		
33	Aluno 6	Hoje é que dia?		
34	Professor	Dia trinta. Trinta do onze. Pessoal, vocês podem preencher aí as respostas a lápis mesmo, não tem problema. Mas ó, o que <i>é que</i> você tem nessa tabela? Essa tabela ela tem três linhas e algumas colunas. Então vamos lá. A primeira linha da tabela vai ser assim, a luz <i>é</i> . Então você vai ter que dizer, da sua interpretação, o que <i>que</i> a luz <i>é</i> quando você fala em ondulatória. Como <i>é que</i> você pensa a luz quando usa a palavra ondulatória? Como <i>é que</i> você pensa a luz quando você usa a palavra corpuscular? O que <i>que</i> você pensa da luz quando você pensa na palavra complementariedade? Você pode se basear no que <i>tá</i> aqui. E o que <i>que</i> você pensa da luz quando você fala dualista-realista? É pra ir pensando nas interpretações, <i>tá</i> ? Na linha de baixo, como <i>é que</i> você explica isso daqui, ó, como <i>é que</i> você explica essa imagem usando a ondulatória? Como <i>é que</i> você explica aquela imagem usando corpuscular? Como <i>é que</i> você explica o resultado do interferômetro usando a complementariedade? Então		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		<p> você vai ter que dizer em poucas palavras assim, ó, ah, o fóton segue esse caminho, passa por aqui, vai pra ali, <i>tá</i> legal? Tenta detalhar o máximo possível. Pessoal, você pode se basear no que <i>tá</i> aqui. Ó, e a última, a última linha da tabela. Como <i>é que</i> você explica o interferômetro se você tivesse um único fóton? Se tivesse um único fóton saindo daqui, ó, sai um único fóton daqui, quando ele chega aqui <i>nesse</i> semiespelho, se tivesse um só, como <i>é que ele vai fazer o caminho dele, se fosse um só?</i> Tem a ver um pouquinho com o que eu falei aqui pra vocês. Mas <i>argumente</i>, pessoal, <i>tá?</i> Segunda questão, eu acho que vai demorar um pouquinho mais que a tabela. Ó, segunda questão. Porque <i>que</i> você acha que existem tantas explicações pra luz? Aí é uma coisa pessoal de vocês, <i>tá?</i> Mas aí na cabeça de vocês, por que você acham que criaram quatro maneiras de explicar isso? Na verdade tem mais explicações. A gente discutiu quatro, mas por que <i>que</i> você acha que tem tanta explicação pra luz? <i>Tá?</i> Pessoal, terceiro. A partir do que foi discutido em aula, explique qual das interpretações mais lhe agrada. Foi <i>isso</i> que eu falei. Eu apresentei pra vocês as quatro, mas na terceira questão ele quer saber qual delas você acha mais relevante, e justificar o porquê. Sempre justificando. E a última é pra dar uma viajada. A última fala assim, ó, de </p>		

tTurno	Autor	Transcrição	Classificação da Pergunta	Indicador de AC
		acordo com a interpretação da complementariedade, ou seja, de acordo com essa última, pode-se pensar no seguinte, se um átomo existe somente quando olhamos pra ele, o mesmo, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando pra ele?		
35	Alunos	(conversa)		
36	Professor	Pessoal, pessoal (...), <i>tá</i> ? Mas não é, tem a ver com o seguinte, ó, pessoal, pensem da seguinte maneira, a última, ela <i>tá</i> falando o seguinte, que sou eu que interfiro no resultado, num é isso que ele <i>tá</i> dizendo? Dependendo de como eu fizer essa montagem, eu posso fazer aparecer onda, resultados de uma onda, ou resultados de uma partícula. Então eu interfiro. Então ele <i>tá</i> dizendo isso, se você olha pro teu pé acontece uma coisa, se você não olha pro teu pé, como é que você sabe mesmo assim que ele <i>tá</i> lá? Aqui tenta argumentar, tenta argumentar pensando na ideia da complementariedade. Leia com atenção que dá pra vocês responderem. Ó, o que eu quero que vocês façam agora é o seguinte, vamos organizar de novo as carteiras, não precisa, não precisa nem colocar certinho, só, é, todo mundo se separar, ó, pra que num fique um do lado do outro.		

ANEXO B - Transcrição - Professor Thiago – Turma B (noite)

Turno	Transcrição	Classificação
1	Aluno 1: Que <i>que</i> é mesmo aquele interferômetro?	
2	Aluno 2: É aquele dos espelhos.	
3	Aluno 1: Aquele <i>que</i> é o dos espelhos?	
4	Aluno 2: E o outro é aquele dos fótons. Entendeu? Eu acho que é isso, calma aí. Mano eu não sei o nome dele.	
5	Aluno 1: Reginaldo?	
6	Aluno 2: Tainá, chama ele. (..) eu queria lembrar qual <i>que</i> é o interferômetro e qual <i>que</i> é o outro lá dos fótons.	
7	Aluno 1: Interferômetro era o do raio?	
8	Aluno 2: Era do espelho? E esse outro de baixo?	
9	Aluno 1: O do fóton é a mesma coisa só que só é da bolinha, não é?	
10	Aluno 3: É isso aí, da complementaridade é quando é um ou é outro não é?	
11	Aluno 2: A gente não sabe, isso daí a gente não sabe.	
12	Aluno 3: Não? Por que não?	
13	Aluno 2: Por que você acha que existem tantas interpretações para a natureza da luz?	
14	Alunos: Conversas	
15	Aluno 2: Achei meio confuso essa resposta.	
16	Aluno 3: Mano, nem sei o que eu <i>tô</i> fazendo.	
17	Aluno 2: Por que você não faz um risquinho aqui de vermelho pra separar o azul com azul? Já que tá fazendo tudo de caneta.	
18	Aluno 3: Essa caneta funciona?	
19	Aluno 2: Não, não. É que eu cuspo nela pra funcionar.	
20	Aluno 3: Dualista é quando é explicada pelos dois, <i>né</i> ?	
21	Aluno 1: Isso. Quando a partícula e a ondulatória elas se juntam pra fazer o caminho.	
22	Aluno 3: É isso aí.	
23	Aluno 1: Vai fazer o caminho. (...) eu, nós aqui, não? Fazer o quê?	
24	Alunos: Conversas.	
25	Aluno 4: Que <i>que</i> é isso aqui? Complementaridade?	
26	Aluno 1: É isso que a gente <i>tá</i> tentando também.	

Turno	Transcrição	Classificação
27	Aluno 3: Complementaridade é quando um complementa o outro.	
28	Aluno 4: Capaz de ser isso aí mesmo.	
29	Alunos: Conversas.	
30	Aluno 4: Dualista-Realista é aquilo que ele <i>tava</i> explicando, <i>né?</i>	
31	Aluno 2: Aquela lá que você falou da onda com a partícula assim.	
32	Aluno 1: Da bolinha, sabe?	
33	Aluno 2: Que <i>tá</i> surfando lá, aquele meio 13.	
34	Aluno 4: Complementaridade é o quê?	
35	Aluno 1: Então, esse aí que a gente <i>tá</i> tentando...	
36	Aluno 3: Professor, preciso de uma resposta. Brincadeira, brincadeira.	
37	Aluno 1: Complementaridade, como é mesmo o negócio da complementaridade? Como <i>que</i> é mesmo? Eu não lembro.	
38	Aluno 2: Ele só vai apontando, é ali, é ali...	
39	Aluno 1: Mas ali é o sistema ondulatório... não eu sei, a gente lembra dos três, mas não lembra desse.	
40	Aluno 2: A gente fez tudo só não lembra disso.	
41	Aluno 1: Não lembra da complementaridade.	
42	Aluno 3: É as duas coisas.	
43	Aluno 1: Mas não é a dualista-realista que é as duas coisas? Valeu.	
44	Aluno 2: Você sabe?	
45	Aluno 1: Essa dualista é aqui.	
46	Aluno 2: Lógico que não.	
47	Aluno 1: Claro que é, porque a dualista é quando a onda carrega o fóton, a onda carrega a partícula de energia.	
48	Aluno 2: Então.	
49	Aluno 1: É aqui a gente colocou quando ela <i>tá</i> em conjunto.	
50	Aluno 2: Não.	
51	Aluno 1: Você não colocou?	
52	Aluno 2: Não.	
53	Aluno 1: Então só fui eu errada.	

Turno	Transcrição	Classificação
54	Aluno 2: Tá, mas então qual <i>que</i> é o outro? Não, gente, ó, é quando se junta a onda com o fóton, mas no final fica uma onda vazia, não é isso?	
55	Aluno 3: A onda que carrega o fóton,	
56	Aluno 2: É isso gente.	
57	Aluno 3: (...)	
58	Aluno 2: (...)	
59	Alunos: Conversas.	
60	Aluno 2: E que <i>que</i> é a comple... o outro então?	
61	Aluno 3: É os dois.	
62	Aluno 2: Hã?	
63	Aluno 3: É os dois.	
64	Aluno 2: É os dois, é os dois, eu sei que é os dois.	
65	Aluno 1: É quando a onda e a partícula trabalham em conjunto, na mesma fração, entendeu? <i>Tipo</i> na mesma onda, na mesma partícula, <i>tipo</i> a onda e a partícula elas se juntam pra fazer <i>o bagulhetes</i> lá, pra passar interferência lá do negócio.	
66	Aluno 2: Quando a onda...	
67	Aluno 1: Quando a onda e a partícula trabalham em conjunto. (...)	
68	Aluno 2: Pra que você <i>tá</i> com a borracha se você tá escrevendo de caneta, você tá apagando o que?	
69	Aluno 3: Eu apaguei aqui, filha.	
70	Alunos: Conversas.	
71	Aluno 2: É quando a onda e a partícula se unem... Trabalham em comum e formam uma única coisa?	
72	Aluno 1: Mais ou menos isso aí, baseado nisso aí.	
73	Professor: Pessoal, dá pra pensar em um fóton em termos da ondulatória? Dá pra pensar em um fóton em termos da ondulatória?	
74	Aluno 3: Não.	
75	Aluno 2: Dá.	
76	Professor: Pessoal, minha pergunta de novo, dá pra pensar em um fóton em termos de ondulatória?	
77	Aluno 3: Não.	
78	Professor: Por que <i>que</i> não dá? Por que <i>que</i> dá e por que <i>que</i> não dá?	

Turno	Transcrição	Classificação
79	Aluno 2: Por quê?	
80	Professor: O que <i>que</i> é uma onda?	
81	Aluno 5: Algo constante.	
82	Professor: Constante... esse constante (...) não é exatamente essa palavra. É constante no sentido que é espalhado? Uma coisa espalhada, então isso é uma onda? Fóton é uma (...) uma partícula é uma coisa bem localizada, uma onda é uma coisa espalhada. Então a ondulatória dá pra explicar? (...)	
83	Aluno 2: É isso né? quando a onda e o fóton estão trabalhando em conjunto, só isso?	
84	Professor: (...) Uma onda é?	
85	Aluno 5: É... espalhada.	
86	Professor: Espalhada. Um fóton? É localizado. Então eu posso usar, dá pra olhar um fóton do ponto de vista ondulatório? Por que <i>que</i> não dá?(...)	
87	Aluno 2: Legal pegar assim luz ondulatória..., luz corpuscular... é...	
88	Aluno 1: Agora sim, eu acho que sim.	
89	Professor: A primeira coluna aí, vamos ver se vocês fizeram. É... depois aqui, aqui embaixo que a gente vai falar	
90	Aluno 2: Calma aí, deixa eu lembrar o que eu <i>tô</i> fazendo.	
91	Aluno 3: Qual <i>que</i> é a três? Lê aí a três.	
92	Aluno 2: Filho, tem que responder isso aqui ainda, viu?	
93	Aluno 3: <i>Tá</i> bom, lê aí a três.	
94	Aluno 2: Por que você não lê? Folgado.	
95	Aluno 3: Lê aí pra você ver o que você acha, <i>né</i> ? Meu Deus.	
96	Aluno: A que mais me agrada é a ondulatória.	
97	Aluno 3: Por quê?	
98	Aluno 2: Porque é a que eu mais entendi. Ah... porque <i>tá</i> mais fácil de entender.	
99	Aluno 3: Olha minha cara de quem vai escrever isso.	
100	Aluno 2: Não, mas realmente é a mais fácil de entender, por causa daquela fita ali, que no semiespelho ela se divide, no espelho ela é refletida, e ali ela forma <i>os bagulhetes</i> do desenho porque ela é somada e a outra é subtraída. <i>Tipo</i> uma se junta com a outra e aí zera, uma <i>tá</i> no topo a outra <i>tá</i> aqui então as duas quando se unem elas zeram. Entendeu? Não? Eu	

Turno	Transcrição	Classificação
	não sei explicar. Mas eu sei o que eu <i>tô</i> falando. Só não sei explicar.	
101	Aluno 1: Você <i>tá</i> dizendo o seguinte: que o haha a onda segue a mesma coisa, ela segue o mesmo <i>bagulhetes</i> ali, igual <i>tá</i> ali explicando a primeira passagem.	
102	Aluno 3: Quem faltou hoje?	
103	Aluno 1: Sei lá, meu! Mal terminou essa aula ele <i>tá</i> pensando em quem faltou.	
104	Aluno 2: Não, do nada ele falou isso. Explicação do experimento do interferômetro.	
105	Aluno 2: Nem viaja, nem viaja que o Lucas já <i>tá</i> enchendo o saco com esse celular, já <i>tá</i> me irritando vou xingar ele daqui a pouco.	
106	Aluno 1: Lucas?	
107	Aluno 2: É, meu namorado.	
108	Aluno 1: Mas por que ele <i>tá</i> xingando?	
109	Aluno 2: Eu vou xingar daqui a pouco, já <i>tô</i> me irritando com as mensagens, deixa ele falar sozinho. Explicar a ondulatória, que <i>que</i> eu explico?	
110	Aluno 1: Foi o que ele falou, quando a onda (...) a ondulatória, aí ele consegue passar em forma de onda mesmo, espalhada, aí ele consegue se dividir entre ondas iguais que <i>é</i> aquelas ondas que <i>segue</i> o mesmo ritmo e vai parar naquele <i>bagulhetes</i> e aquela onda que desce <i>que</i> <i>é</i> desigual. Foi isso.	
111	Aluno 2: E como <i>que</i> eu explico isso no papel?	
112	Aluno 1: É pra explicar a experiência do negócio.	
113	Aluno 2: E como você explica isso no papel? Eu sei tudo isso que eles <i>tão</i> falando, mas como <i>que</i> eu explico no papel?	
114	Aluno 1: Coloca desse jeito uai, qual <i>é</i> o outro jeito que tem pra pôr?	
115	Aluno 2: Que a ondulatória <i>é</i> uma luz espalhada que pode ser dividida no semiespelho, e o que mais? Eu não sei o que colocar. (...) se <i>tá</i> numa faculdade e responde isso daqui ó, o professor já corta na hora.	
116	Aluno 1: O quê?	
117	Aluno 2: Não, <i>tá</i> aqui, a partir do que foi discutido em aula explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada. Então já <i>tá</i> falando de você, da sua opinião, ele vai e coloca para mim tananã tananã... entendeu? É desnecessário.	

Turno	Transcrição	Classificação
118	Aluno 1: Talvez ele não <i>descontaria</i> a sua pergunta, mas ele tiraria um ponto pela sua má explicação.	
119	Aluno 2: Não, na interpretação também.	
120	Aluno 1: Explicação, interpretação...	
121	Aluno 2: Não. Explicação é uma coisa, interpretação...	
122	Aluno 1: Você interpreta pra explicar.	
123	Aluno 2: Não. <i>Tá</i> , mas explicação você <i>tá</i> falando o que <i>que</i> você entendeu, agora interpretação... a pergunta, se você entendeu a pergunta. Eu não faço formatura, ahh então esquece, vamos <i>volta</i> lá pro negócio, eu não sei explicar isso.	
124	Aluno 1: Me explica o que você entendeu da forma da ondulatória.	
125	Alunos: Conversa	
126	Aluno 2: Que <i>que</i> é isso?	
127	Alunos: Conversa.	
128	Aluno 2: A mano, eu sei o que <i>que</i> é, mas não sei explicar (...) pode não, mas <i>tá</i> bom. Não se explica não, mas <i>tá</i> bom, nem ele sabe o que ele falou. Tudo que você falou <i>tá</i> certo, mas nada explica, então...	
129	Aluno 3: <i>Tá</i> bom.	
130	Aluno 2: Então me fala o que <i>que</i> <i>tá</i> certo, porque pra <i>tá</i> certo tem que explicar alguma coisa.	
131	Aluno 3: Com certeza.	
132	Aluno 2: Ai, Jesus. Eu <i>tô</i> ficando doidinha com esse negócio de luz. Eu não quero testar a luz, deixa ela <i>tá</i> clareando tudo, <i>tá</i> bonitinha.	
133	Aluno 3: Só quero fazer esse negócio e entregar logo. <i>Tá</i> chato.	
134	Alunos: Conversas.	
135	Aluno 1: Ó, eu vou (...) <i>tô</i> resolvendo essas questões aqui de cima aí a primeira da parte de ondulatória eu <i>tô</i> colocando assim, que a partir do... aí, aqui, pera aí, rapidinho. Professor, rapidinho.	
136	Aluno 2: Professor, como você chama aquele desenho? Você não chama de desenho. Quando você vai falar daquele desenho, você fala desenho mesmo? Você não fala desenho. Pra você se referir ao desenho, você fala desenho, o jeito de falar é desenho mesmo ou é outro nome?	
137	Professor: Não, pode falar desenho, figura.	

Turno	Transcrição	Classificação
138	Aluno 1: Professor, no sistema ondulatório não tem como mostrar o fóton, <i>né</i> ? Porque como você falou o sistema ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa...	
139	Professor: Modelo ondulatório.	
140	Aluno 1: Isso, modelo ondulatório é espalhado e o fóton é uma coisa constante... uma...	
141	Professor: Uma coisa bem localizada.	
142	Aluno 1: Isso, uma coisa localizada.	
143	Professor: Que nem isso aqui, é uma coisa bem localizada, não é espalhada. Então a ondulatória tem dificuldade de explicar os fenômenos corpusculares. Então a ondulatória tem dificuldade de explicar os fenômenos corpusculares, porque o fóton é uma coisa localizada. E vice-versa também é verdadeiro, se você pensar vai ver que o inverso também é verdadeiro.	
144	Alunos: Conversas.	
145	Aluno 2: Ah não... cadê a borracha? Que <i>que</i> você colocou? A mano, não <i>tô</i> gostando de responder isso daqui. Não quero mais responder isso não. Responde pra mim?	
146	Aluno 3: Hahaha não <i>tô</i> respondendo nem a minha.	
147	Aluno 2: A quatro, o que <i>que</i> é a quatro? (...) Aff, lê a quatro.	
148	Aluno 3: Eu vi já.	
149	Aluno 2: Você viu a pergunte que idiota, que tosca? (...) você leu a quatro? Que negócio, aí gente. Tem que dar resposta pra um infeliz desse ou tem que xingar? Ai meu pai. Ou eu sou louca ou eu não entendo mais nada nessa escola. Vai eu e o Zóio começar a fazer o curso lá no Bradesco.	
150	Aluno 1: Quem é Zóio?	
151	Aluno 2: Luiz Henrique. (...)	
152	Aluno 1: Uma figura, queria falar aquela figura igual ele falou, que tem pontos claros e escuros, só que eu esqueci o nome como é <i>que</i> fala então ficou uma figura ponto. Ah, deixa eu colocar com pontos claros e escuros.	
153	Alunos: Conversas.	
154	Aluno 1: O interferômetro ele só trabalha...	
155	Aluno 2: Deixa só eu lembrar a palavra.	
156	Aluno 4: Pode falar do (...) será?	
157	Aluno 1: O cara já preencheu todo o negócio, eu <i>tô</i> aqui zanzando pra preencher um.	

Turno	Transcrição	Classificação
158	Alunos: Conversas.	
159	Aluno 1: A corpuscular geralmente só se apresenta em fótons, <i>né?</i> Que ela é localizada e constante, então aí ela mostra mais em fótons, <i>né?</i> O interferômetro ele passa só o mo... ele passa só o movimento ondulatório?	
160	Aluno 4: Professor, por favor.	
161	Aluno 3: Deve ser aquele ali, ah acho que não <i>tá</i> mais, acho que é o ondulatório.	
162	Aluno 4: Interferômetro.	
163	Professor: Hã?	
164	Aluno 3: <i>Interfômetro</i> .	
165	Professor: (...) chama interferômetro, nós trabalhamos com ele. Não me diga que (...)	
166	Aluno 4: O que é complementaridade?	
167	Professor: O que <i>que</i> é complementaridade? Acabei de falar com eles, de discutir com eles.	
168	Alunos 4: Eu não prestei atenção.	
169	Professor: É uma das interpretações do que seja a luz. A gente viu até agora que a luz pode ser o quê? Onda ou corpúsculo, então a luz pode [ser] onda ou corpúsculo. A complementaridade é uma interpretação que diz assim, de fato a luz... nós aceitamos que a luz pode ser onda ou partícula, nunca as duas coisas ao mesmo tempo. Se eu fizer aquele experimento sem colocar o detector eu tenho a luz como partícula, eu olho aquilo como partícula, aliás sem colocar o detector ela se comporta como uma onda, então p complementaridade não tem problema, nesse fenômeno ela é uma onda, sem o detector.	
170	Aluno 4: Então é ele que manda então?	
171	Professor: Se eu coloco o detector, ela já não é mais uma onda, ela é partícula. Então, eu não tenho nenhuma contradição, porque depende do experimento... Pessoal quem não terminou me entrega com calma eu vou te devolver na outra aula (...) nem se preocupem em terminar (...).	
172	Alunos: Conversas.	

ANEXO C – Os registros escritos dos alunos

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 2	3.º Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	é uma onda	é uma partícula	pode ser uma onda ou uma partícula	é uma partícula que atua como onda.
Explicação da experiência do interferômetro	assim como as ondas produzindo o padrão de interferência observado na saída do interferômetro	no vácuo, os elétrons podem ser refletidos e se comportam como uma partícula probabilística	Observando o padrão de interferência, interpretamos o fóton como onda.	a onda pode ser dividida e se recombinar
Explicação da experiência para um fóton	Um único fóton se recombinam no espelho	O fóton é uma partícula e nunca se divide.	O fóton se manifesta como onda, como partícula, mas nunca como onda e partícula ao mesmo tempo	O fóton é composto de duas partes: partícula e uma onda associada.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque existem várias teorias, mas entre todos esses nenhum tem uma finalidade certa

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Simultânea - dualista.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, mas não conseguimos visualizar a átomos porque nossa visão é limitada.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 3	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	transmite uma imagem em ondas, onde os fótons se dividem	são partículas que não se dividem.	O fóton se manifesta como onda ou partícula	Uma partícula e uma onda associada.
Explicação da experiência do interferômetro	que a luz se propaga em partes claras e escuras	não dá para se explicar porque é uma imagem única	pode transmitir uma imagem clara e escura ou uma única imagem	muitos fótons com um padrão de interferência
Explicação da experiência para um fóton	A luz é uma onda constante de elétrons	A luz é elétrons que saem uma por uma e é indivisível	se olharmos o interior do fóton a luz é partícula. Se olharmos por fora o fóton é como onda.	A luz é divisível que é partículas ondulatórias. A onda pode ser divisível e se recombinar nos semi-espelhos

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque cada experimento pode se notar uma reação

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Dualista realista. pois concordo que é uma onda de partícula

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois átomos existem quando você está e não está olhando.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 4	3.º Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	onda	partículas	ou ondas ou partículas	ondas e partículas
Explicação da experiência do interferômetro	Se divide em dois feixes no 1.º espelho de interferência	O fóton segue um único caminho, bem determinado no interior do interferômetro	O fóton se comporta como partícula no interior do interferômetro	A onda se divide em dois feixes, mas, sem espelho, pode ser observada no interior do interferômetro
Explicação da experiência para um fóton	Os fótons se combinam no 2.º espelho como as ondas.	O fóton é uma partícula e nunca se divide.	O fóton é onda ou partícula nunca as duas juntas.	O fóton é formado por duas partes, uma partícula e uma onda associadas.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

porque existem vários meios de transmissão da luz, e vários tipos de luz.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação ondulatória porque acho interessante o que os fótons fazem em imagem quando saem do interferômetro.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Se pensarmos nisso outros exemplos a respeito de que as coisas só existem quando olhamos para elas. mas acho que sim, existe.

tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 05	3.º Ano <u>8</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	a luz viaja através de ondas	a luz são elétrons.	a luz é onda ou partícula, mas nunca onda e partícula	a luz viaja através de um onda de corpúsculo
Explicação da experiência do interferômetro	a luz como onda tem interferência entre claro e escuro.	a partícula tem que se dividir para explicar a interferência na imagem, mas a partícula não se divide	pelo modo que temos a imagem, a luz pode ser onda ou partícula.	pelo sequência da saída dos fótons, vemos a interferência na luz.
Explicação da experiência para um fóton	a luz é uma onda constante que carrega os elétrons.	a luz são elétrons que tocam um por vez, e não se divide.	se olharmos no interior do fóton a luz é partícula mas se olharmos por fora a luz seria onda	a luz se divide e se recombina conforme há nos experimentos.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque um experimento não consegue explicar todas as coisas da luz, a luz é onda e partícula, mas ela não pode ser as duas, por isso os vários experimentos com ondas e partículas

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Dualista-realista, pois é que explica a luz em onda, não explica a luz em partícula, por isso acredito que a luz seja uma onda de partículas, ou seja, partículas em movimentos ondulatórios

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". Não precisamos estar olhando para o átomo, ele existe e está lá.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 06	3.º Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Onda	Fóton	Partículas	Onda e Partículas
Explicação da experiência do interferômetro	Os dois raios-fótons se recombinam no segundo semi-espeelho, assim como as ondas, produzindo o padrão de interferência observado na saída do interferômetro.	O fóton é uma partícula e nunca se divide. Assim, o fóton segue um único caminho, sem interferir consigo mesmo, não interferindo.	O fóton se manifesta como onda, ora como partícula, porém nunca como onda e partícula ao mesmo tempo. Interpretamos o fóton como onda, mas se comporta como partícula.	O fóton é composto por duas partes: Partícula; a partícula se comporta como onda. Onda; parte de interferência se recombinam nos semi-espeelhos, produzindo interferência.
Explicação da experiência para um fóton	O fóton se divide em dois raios: fóton no primeiro semi-espeelho do interferômetro.	O fóton é uma partícula e nunca se divide.	O fóton se manifesta como uma onda, mas se comporta como partícula.	O fóton é composto de duas partes, uma partícula e uma onda associada.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz tem vários princípios para ser gerada, para cada princípio depende do tipo de radiação e da superfície refletora.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A ondulatória é pois além de ser fácil de aprender é a que mais se adapta para explicar o processo da figura de interferência na saída do interferômetro.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, só que se não está incomodando a mãe, ~~se~~ não ligamos para ele, ora como se ele nem existisse, agora se estivermos sentindo dores ou algo parecido é como se existisse ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	3.º Ano	EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	É energia que se propaga em forma de onda	É energia que se propaga em forma de partícula	Energia que se propaga em forma de onda ou partícula	Energia que se propaga em forma de onda e partículas
Explicação da experiência do interferômetro	A onda se divide e os efeitos construtivos e destrutivos que são claros e escuros	Não se explica porque a partícula não se divide	Fótons no interior do interferômetro	Fóton composto de partícula
Explicação da experiência para um fóton	Fóton	Partículas	Fóton	Interferência

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque alguns luzes são como ondas que eles não têm interferência como foi com fóton, e outros nem fóton

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quando ligar a luz e posar no espelho ondulatorio a luz

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

sem perceber mesmo com meus olhos fechados ele existe, se foto do gente momento ele mesmo com olhos fechados

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos:			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz. 			
Critérios de Avaliação:			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação. 			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano $\in$ EM	

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	se propaga como Onda	se propaga como Fótons	Onda ou Partícula	Partícula que viaja viaja com a onda
Explicação da experiência do interferômetro	Construtivo-Destrutivo Que uma onda anda anda a outra quando bate no qualquer qualquer a forma a imagem e vai para o lado para o lado	Que os fótons bate bate e se divide em "meio-fótons" e não explica como fenômeno.	Que formo formo a figura intacta a onda, não importa se é partícula é partícula mais que se é onda que se é partícula .	Que pode ter pode ter 50% para cada Sendo, no que Sendo, no que fica a dúvida fica a dúvida da onda viaja viaja . Não se dá o Não se dá o é partícula é partícula .
Explicação da experiência para um fóton	fóton	partícula	Sendo fóton Cara	interferômetro

Porque existem diferentes tipos.

A quarta - realista porque a luz é uma coisa inconstante.
quando a luz bate no espelho as luzes são refletidas.

pé existe quando não estou olhando para ele?". O pé está ligado ao meu corpo, instantaneamente quando estou olhando para ele, como se estivesse ligado ao meu corpo. com as outras pedras seguiu.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 11	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda	uma partícula	se é uma onda ou uma partícula	um corpúsculo que viaja como a onda
Explicação da experiência do interferômetro	que a luz como onda mostra uma imagem com interferência	que a partícula teria que se dividir mas não existe partícula que se divide	que do jeito que olhamos a imagem de interferência podemos falar que uma partícula ou uma onda	que a luz bate no espelho divide e em partícula e em onda e faz a imagem de interferência.
Explicação da experiência para um fóton	que a onda fica carregando o elétron até um ponto que ele sai e anda	que uma partícula tem energia suficiente para agarrar o elétron do metal	que o fóton pode ser como onda ou como partícula mais nunca os 2 juntos	que a luz se divide e se junta no espelho formando a imagem interferência

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

porque tem vários experimentos que acaba explicando uma teoria, mais nunca explica todos os fenômenos e por isso que existe várias teorias.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A dualista-realista porque a onda é uma coisa constante, entra as partícula mesmo sendo uma, via sair constante da mesma feita.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, porque nesse olho é muito restrito ele não consegue ver um átomo sem ajuda de um equipamento, e toda mundo sabe que existe mas não conseguimos ver a olho nu.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 12	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda	é partícula	uma hora como onda, outra hora como partícula	onda e partícula
Explicação da experiência do interferômetro	na onda se divide em duas, ondas se espalham construtivo e destrutivo, reflexo e refração e um raio	não se explica o efeito porque a partícula não se divide	na experiência do interferômetro a luz não é onda, é o efeito fotoelétrico, então partícula	é efeito interferência. Isso não se explica, o dualista realista resolve isso se dividindo a onda em duas e partículas não se dividem
Explicação da experiência para um fóton	a onda se divide e se espalha, se divide em duas ondas, então se divide construtivo e destrutivo	às vezes o fóton atravessa o espelho, e em hora que ele reflete, para outro caminho diferente	depende de como se mede o resultado do fóton	os dois fenômenos acontecem, mais um em um momento e o fóton fica, pois isso não é comum

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque, a física é muito estudada quanto mais formas mais estudo, por isso sempre vai haver novas interpretações e possibilidades de estudos.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Ondulatória, porque é bem conhecida.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, porque se foi estudado, tu sabe que existe.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 15	3.º Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	onda	fóton	partícula	onda de partícula
Explicação da experiência do interferômetro	Os dois "meio-fóton" se recombinam no segundo semi-espeelho, assumem como as ondas, produzindo o padrão de interferência observado na saída do interferômetro.	Assumem um fóton segue um único caminho, bem determinado, no interior do interferômetro. No semi-espeelho o fóton pode ser refletido ou transmitido com a mesma probabilidade.	Ele podemos determinar o caminho seguido pelo fóton no interior do interferômetro dizendo que o fóton se comporta como partícula.	A onda pode se dividir e se recombinar nos semi-espeelhos, produzindo interferência. Após o segundo de meios fótons o padrão de interferência pode ser observado na saída do interferômetro.
Explicação da experiência para um fóton	O fóton se divide em dois "meio-fóton" no primeiro semi-espeelho do interferômetro.	O fóton é uma partícula e nunca se divide.	O fóton é composto de duas partes: uma partícula e uma onda associada.	O fóton é composto de duas partes: uma partícula e uma onda associada.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

R: Porque cada experiência é um caso, cada um é explicado de um jeito, por isso é comparado para ser igual a mais verdades mas todas com o mesmo processo.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação dualista-realista que fala que o fóton pode ser partícula e onda, fo os outros não ido pro saber, um a mais detalhada.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?".

R: não sei.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º	3º. Ano __ EM
		36	

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...				
Explicação da experiência do interferômetro				
Explicação da experiência para um fóton		onda é uma partícula que não se divide seguindo um seqüência contínua refletindo ou transmitindo		

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a cada momento ela se comporta de um jeito, onde tem essas variações de interpretação.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A dualista-realista, por mais que ainda tenha questões a serem entendidas, é a que mais me explica as variações da luz.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". Não, porque nos vimos a ação do pé mesmo não olhando para ele.

Nome: _____

Nº 16 3-8

Resposta

① A luz é... Ondulatória: Onde ela é dividida pelo semi-espeelho passando pelo espelho e se encontrando no final, formando a figura de interferência.

Corpuscular: Ela teria que se dividir para formar um desenho com interferência, mas ela não se divide.

Complementaridade: Onde ela é uma onda, ou uma partícula, mas não se pode dizer que uma coisa é, ou não é.

Dualista-realista: Onde é uma onda com partículas, so que quando se divide a onda fica onde tem onda, so que partícula não se divide. Então de um lado ficaria apenas ondas e do outro ondas com partículas.

* explicação da ~~experiência~~ experiência de interferência... Ondulatório:

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 19	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	onda	fóton	partícula	onda de partícula
Explicação da experiência do interferômetro	Os dois raios formam o 1º semi-círculo	Os fótons seguem um caminho no interior do interferômetro	Se podemos determinar o caminho seguido pelo fóton no interior do interferômetro, não podemos dizer que o fóton se comporta como partícula	Qual é a natureza da luz? É onda ou partícula? A resposta é: depende do experimento.
Explicação da experiência para um fóton	O fóton se divide em dois raios de fótons no primeiro semi-círculo do interferômetro.	O fóton é uma partícula e se divide	O fóton se comporta como onda e como partícula, dependendo do experimento. Quando se trata de um único fóton, ele se comporta como partícula ao mesmo tempo.	O fóton é uma partícula e uma onda.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque o fóton se manifesta de várias maneiras diferentes.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação dualista-realista que fala que o fóton pode ser partícula e onda; os outros não do meu saber, isso é mais detalhado.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não sei

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º 20	3º. Ano <u>E</u> EM	

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	é uma onda	um fóton e nunca se divide	pode ser uma onda ou uma partícula	é uma partícula que vibra com a onda.
Explicação da experiência do interferômetro	Assim como as ondas, produzindo o padrão de interferência observado na saída do interferômetro.	O fóton não se divide sem a interação da luz.	Se observamos o padrão de interferência, interpretamos o fóton como onda.	A onda pode se dividir e se recombinar.
Explicação da experiência para um fóton	Os dois "meio-fótons" se combinam no segundo sem espelho.	pode ser refletido ou transmitido com a mesma probabilidade	O fóton se manifesta ora como onda, ora como partícula, porém nunca, como onda e partícula ao mesmo tempo.	Com isso, após o registro de muitos fótons o padrão de interferência pode ser observado na saída do interferômetro.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque há vários teóricos, mas nenhuma delas tem finalização de estudos e explicações.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Dualista - realista.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois nossa visão é muito restrita - limitada, de que o nosso corpo é feito de átomos, mas não conseguimos visualizar a partícula que compõem o nosso corpo.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º 21	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	é uma energia propagada em ondas.	partículas ondas	é ondas e partículas, uma face de cada.	ondas e partículas.
Explicação da experiência do interferômetro	é dividida em duas, e o efeito construtivo e destrutivo, reflexões e refração.	não é explicativa pois as partículas nunca se dividem.	a luz não é onda. no seu efeito é foto e partículas	não explica. Uma onda não pode se dividir a onda em duas partículas.
Explicação da experiência para um fóton	divide em se chocar no espelho. cria o efeito construtivo e destrutivo. (ondas)	partículas ondas partículas ondas partículas ondas partículas ondas partículas ondas (não explica)	podemos se interferência e interpretamos o fóton como onda e também ele não funciona como onda e partícula ao mesmo tempo.	uma partícula e uma onda associadas. muito fótons e padrão de interferência pode ser observado na saída do interferômetro.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

É um estudo muito mais recente, e cada estudo tem seu jeito de explicar a luz.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Ondulatória, é mais seu processo com tudo o que ele tem participado.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, por já foi estudado tudo o que existe. Sobre o átomo, mas com o longo dos anos tudo pode ser esclarecido como tudo pode ser explicado.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º 22	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Energia que se propaga em forma de onda	Energia que se propaga em forma de partícula	Energia que se propaga em forma de onda ou partícula	Energia que se propaga ora como onda e ora como partícula
Explicação da experiência do interferômetro	A onda se divide criando os efeitos construtivos e destrutivos que é o claro e o escuro	O fóton é uma partícula que nunca se divide e não se explica	No interferômetro se explica que tem que ser ou onda ou partícula e que o fóton se comporta como partícula	O interferômetro não explica em si os efeitos porque a partícula não se divide e quem se divide é a onda
Explicação da experiência para um fóton				

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque ainda não conseguiram decifrar o que realmente

é a luz, com isso surgem várias interpretações para a natureza da luz.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação que mais me agrada é que a luz é Dualista-realista pois foi a que ficou mais clara para mim que hora é onda e hora partícula.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz. 		
Critérios de Avaliação: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação. 		
Aluno(a):	n.º 23	3.º Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Uma onda	é uma partícula	ou como onda, ou como partícula.	Onda e partícula.
Explicação da experiência do interferômetro	A onda se divide em duas, ondas, e depois se recombinam e produzem interferência.	uma se explica o efeito, porque a luz não se divide.	na experiência de interferência a luz não se divide, o fato de se dividir como partícula.	o efeito interfere no resultado, não se explica, o dualista-realista quer, o o de se divide como partícula.
Explicação da experiência para um fóton	A onda se divide em duas, ondas, e depois se recombinam e produzem interferência.	As vezes, o fóton aparece em duas posições diferentes, que ele não pode estar em dois lugares ao mesmo tempo.		

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque o físico está a trabalhar com hipóteses e teorias, e quanto mais hipóteses forem colocadas, mais entidades e mais um é interpretado como certo.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Ondulatoria, porque se acredita que a luz seja algo constante, como um objeto, que a luz também se ondulatoria.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: “Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". *Sim, existe. e do zero sobre p*

[illegible]

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º 24	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Energia que se propaga em forma de onda.	Energia que se propaga em forma de partícula.	Energia em forma de onda ou partícula.	Energia que se propaga em forma de ondas e partícula.
Explicação da experiência do interferômetro	A onda se divide em duas cristas e fenda construtiva e destrutiva, pois as cristas e vales.	não se explica no efeito do interferômetro pois a partícula não se divide.	na experiência do interferômetro a luz seria onda pois no efeito fotoelétrico seria partícula.	O efeito interferômetro não explica o dualista realista pois ao se dividir a onda em duas a partícula não se divide e tem uma onda e uma partícula.
Explicação da experiência para um fóton	A onda se divide ao se tocar com espelho e se divide em duas cristas e fenda construtiva e destrutiva.	não se explica pois a partícula não se divide.		onda porque a partícula se divide, pois que a onda se divide e a partícula não.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz é composta por diferentes fatores, que diferem, tem a conclusão errada da luz.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

~~onda~~ Ondulatória dependendo do fenômeno, pois é a explicação que mais me convence.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois se não não existe e não conseguiria andar.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 25	3º. Ano <u>EM</u>

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	como uma onda	Partícula	varia entre partícula e onda	onda e partículas juntas
Explicação da experiência do interferômetro	são ondas de luz que atingem espelhos que se espalham formando uma imagem de interferência no final do experimento	a luz, como partícula, mesmo imesplacável mas, mesmo assim, ainda forma interferência no fim do experimento	depende do fenômeno, mas é uma coisa ou a outra e do mesmo jeito formando o padrão de interferência	é uma onda com uma partícula agarrada mas quando atingem os semi-espelhos a onda se divide e o fóton se perde e não é encontrado no fim
Explicação da experiência para um fóton	as ondas se dividem no espelho assim causando a interferência do experimento	o fóton reflete no semi-espelho ou o atravessa, mas ainda formando a interferência	depende do fenômeno, mas o resultado é o resultado	a onda e o fóton são juntos, mas o fóton se perde em alguma parte do experimento

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz é algo que ainda nenhum cientista conseguiu explicar como a luz se propaga

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A que fala que a luz é ondulatória, porque, para mim é a mais concreta, perante os demais

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim. Porque mesmo eu não estar olhando o vendo, eu posso sentir, posso logo sei que ele existe e é real

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano <u>6</u> EM	
	26		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	<i>onda</i>	<i>fóton</i>	<i>Partícula</i>	<i>onda de partículas</i>
Explicação da experiência do interferômetro	<i>onda produzindo o padrão</i>	<i>no monitor vemos o padrão de pontos que se repetem</i>	<i>fóton no interior do anteparo produz pontos</i>	<i>fóton ou composto de partículas</i>
Explicação da experiência para um fóton	<i>fóton (onda)</i> <i>Partícula</i>	<i>partícula (onda)</i>	<i>Cada fóton</i>	<i>antipartícula</i>

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Por que algumas vezes são como ondas que não tem antipartícula, uma vez com fóton e outra com fóton.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quando digo a luz e isso no mesmo contexto ondulatório e luzes.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, isso já mesmo com os olhos fechados ele está lá, só que não dá pra gente ver porque ele mesmo com os olhos fechados.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano <u>E</u> EM	
	27		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda	uma partícula	uma onda ou partícula	onda e partícula
Explicação da experiência do interferômetro	A luz reflete nos espelhos em forma de ondas.	A luz chega para de fase e reflete.	É dividida partícula por partícula e se divide.	
Explicação da experiência para um fóton		os raios a partir atenuada e semi-espelho e os raios reflete para os espelhos		

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz é algo muito curioso para os cientistas, pois parece haver inúmeras possibilidades.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Interpretação Dualista Realista

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, porque mesmo eu não estar olhando ele, eu sei que ele existe pela foto de sentir ele.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos:			
✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação:			
▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano <u>EM</u>	
	29		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	ENERGIA QUE SE PROPAGA EM FORMA DE ONDA	ENERGIA QUE SE PROPAGA EM FORMA DE PARTÍCULAS	ENERGIA EM FORMA DE ONDA OU PARTÍCULAS	ENERGIA QUE SE PROPAGA EM FORMA DE ONDAS E PARTÍCULAS
Explicação da experiência do interferômetro	A ONDA SE DIVIDE CRIANDO 2 EFEITOS, CONSTRUTIVO E DESTRUTIVO	ESSA NÃO SE EXPLICA POR QUE A PARTÍCULA NÃO SE DIVIDE	PODE SER UMA PARTÍCULA QUE SE MANIFESTA COMO ONDA	FOTON É COMPOSTO POR DUAS PARTÍCULAS NUNCA SE DIVIDE
Explicação da experiência para um fóton	FOTON	PARTÍCULA	PARA FOTON	INTERFEROMETRO

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz é composta de ondas, elas não tem interpretação, umas contém fóton, porém outras não.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A que mais me agrada é a interpretação corpuscular, pois o fóton nunca se divide e segue um único caminho, é refletido sempre

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". Sim, ele existe mesmo você não estiver olhando com o olho fechado, pois mesmo assim sabemos que ele está ali e conseguimos sentir o movimento.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 30	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda	partícula	ou é partícula ou é onda Depende do uso	onda e partícula Juntas.
Explicação da experiência do interferômetro	uma onda concentrada no eixo do meio	não é como clássico mas fóton passa por dois furos ao mesmo tempo	É um fenômeno corpuscular (figura de onda)	
Explicação da experiência para um fóton	alto probabilidade de onda	analogia com ondas, a luz é uma onda que se reflete para comportar diferentes.		

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque as nossas possibilidades de estar lá são a luz ou seja,
de poder fazer muitas interpretações por causa da interferência.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

para mim Dualista-realista porque é muito interessante como
pode ser onda junto com a partícula; não é como poder 100%

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

sim eu sei que meu pé existe porque não
olho para ele porque eu quero ele e sinto o
meu pé também.

Física

Tipo de	Professor(a): Wellington Wellington Batista de Sousa	Data: 23/10/12
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz. 		
Critérios de Avaliação:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação. 		
Aluno(a):	n.º 31	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda	uma partícula	uma onda ou uma partícula.	corpusculo que se comporta como uma onda.
Explicação da experiência do interferômetro	Se colocarmos um espelho por trás de cada fenda, o padrão de interferência desaparece, na saída do interferômetro.	O fóton pode ser detectado em qualquer ponto com a mesma probabilidade.	Que se observarmos padrões de interferência em qualquer ponto, o fóton se comporta como onda.	Após a passagem de muitos fótons o padrão de interferência pode ser observado na saída do interferômetro.
Explicação da experiência para um fóton	Quando ondas semi-cilíndricas se recombinaem no semi-espelho, assim como as ondas produzidas por fendas de interferência.	Um elétron que um único caminho bem determinado do interferômetro.	O caminho é experimentalmente determinado pelo fóton.	É que ele está no estado onde existe ondas, ele está sempre comovido.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

E vários elementos explicando um fenômeno. Por isso existe muitas teorias.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação da complementaridade por que o fóton se manifesta como onda, e também como partícula, porém nunca onda e partícula ao mesmo tempo.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim porque mesmo não olhando, ele sempre vai estar ali.

Edgmar

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º 32	3º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	A LUZ É SO ONDA, POR QUE UMA PHOTON NÃO PODE SER DIVIDIDA COMO A ONDA.	A LUZ É UMA PHOTON, QUE É FEITO DE PARTÍCULA	O PHOTON SE MANEJA COMO ONDA	O PHOTON É A ONDA ALGORA SE JUNTANDO
Explicação da experiência do interferômetro	A ONDA VAI NORMALMENTE MAIS SE VOCÊ MANDA UM PHOTON POR VEZ NÃO TEM COMO EXPLICAR O PORQUE DESERTO	OS PHOTONS NÃO FORMA OS DESENTOS QUE DEVERIA POR CAUSA DO INTERFEROMETRO	DEPENDENTE DO EXPERIMENTO	O PROBLEMA É QUE O PHOTON NÃO SE DIVIDE E ELE VAI POR UM LADO SÓ AI O OUTRO VAI UM ONDA, VAGIA
Explicação da experiência para um fóton	É QUE O PHOTON É UMA COISA LOCALIZADA E A ONDA É UMA COISA GRANDE E ESPALHADA	NÃO TEM EXPLICAÇÃO PERFEITA POIS UM PHOTON NÃO SE DIVIDE	ELE AOS POUCOS FORMA UM DESENHO POIS COMO AGE COMO UMA ONDA COM O PASSAR DO TEMPO FORMA UM DESENHO	ELA NÃO VAI FORMAR NADA POIS UM LADO A ONDA VAI VAGIA E A OUTRA VAI UM PHOTON

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

PORQUE NINGUEM SABE AO CERTO SE A LUZ É UMA PARTÍCULA OU UMA ONDA

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A DUALISTA PORQUE O PHOTON VAI AOS POUCOS E SE UNIR

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". NÃO POR QUE SÃO VÁRIOS ÁTOMOS E NÃO SÓ UM E ESSES VÁRIOS ÁTOMOS FORMAM MEU CORPO QUE É REAL E EU POSSO MOVE-LO E SEI QUE ELE EXISTE MESMO NÃO OLHANDO.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data: 05/11/12
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):		n.º 32	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	onda	fótons	partícula	onda e partículas
Explicação da experiência do interferômetro	onda produzindo interferência	no sem espelho a luz pode ser refletida	pode ser uma partícula que se manifesta como onda	fótons e ondas por duas partículas juntas se dividem
Explicação da experiência para um fóton	fóton	fótons partículas	corpus' fóton	Interferência

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Por que há vários conceitos diferentes

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quando ligar luz sobre diretamente no espelho reflete uma luz ondulatória.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois de acordo com o exemplo da interpretação complementaridade, o fóton se manifesta com onda e partículas, não juntos, com isso é

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano <u>E</u> EM	
	33		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Energia que se propaga em forma de onda	Energia que se propaga em forma de partículas.	Energia em forma de onda ou partícula.	Energia que se propaga em forma de ondas e partículas.
Explicação da experiência do interferômetro	A onda se divide em duas criando o efeito construtivo e destrutivo, reflexo claro e escuro.	Não se explica no efeito de interferência pois a partícula não se divide	Na experiência de interferência a luz não se divide, pois o efeito fotoelétrico seria partícula.	O efeito interferométrico não explica o dualista realista pois se divide a onda em duas a partícula não se dividiria e teria uma onda sem partícula.
Explicação da experiência para um fóton	A onda se divide ao se chocar com espelho e se divide em duas criando o efeito construtivo e destrutivo.	Não se explica pois a partícula não se divide		

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz é composta por diversos fatores, que dificultam a conclusão exata da luz.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Ondulatória dependendo do fenômeno, e a explicação que mais me convence.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois se não existisse ele não conseguiria andar.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano E EM	
	35		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Onda	fótons	Onda e partícula	Partícula que vibra com onda
Explicação da experiência do interferômetro	Os dois raios de luz "se abrem" e se recombinam no detector, criando uma figura de interferência.	O fóton não se divide, ele passa por um ou outro caminho.	Podemos dizer que a luz é uma onda quando não estamos observando e uma partícula quando estamos observando.	Fóton é uma partícula que vibra com uma frequência específica.
Explicação da experiência para um fóton	fóton	partícula	uma só vez	interferência

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Resposta - as naturezas da luz são diferentes.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quanto à luz, eu acho mais interessante a interpretação da luz como onda, pois ela reflete como uma onda.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

A resposta é não, pois o átomo não existe sem ser observado. A interpretação da complementaridade diz que a natureza da luz é dualista, ou seja, ela pode se comportar como uma onda ou como uma partícula, dependendo do experimento que estamos fazendo.

Tipo de Instrumento:		Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.			
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.			
Aluno(a):	n.º	3º. Ano <u>E</u> EM	
	36		

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Onda	Fóton	Partícula	Onda de Partícula
Explicação da experiência do interferômetro	Onda produzindo o padrão	na semelhança o fóton pode ser refletido	É uma partícula quase manifestando ondas	fótons são compostos por duas partículas e não se dividem
Explicação da experiência para um fóton	Fóton	Partículas	Sem fóton	Interferência

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque tem várias teorias

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quando a luz atinge diretamente no espelho reflete um e um a luz ondulatória

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

O fóton se manifesta como ondas interpretamos, com as ondas podemos seguir pelo interior da matéria

OBS. O aluno insiste em "copiar" do colega, por mais que se tenha explicado que ele desenvolve o seu próprio raciocínio! *Adriano N. Silva*

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 14	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Ondas	fótons	Ondas das partículas	Partículas que anda com a onda
Explicação da experiência do interferômetro	onda produzindo o padrão	no sem espelho o fóton não pode ser refletido	É uma partícula quase manifesta com ondas	fótons são compostos por duas partículas e não se dividem
Explicação da experiência para um fóton	fóton	Partículas	Como fóton	interferômetro

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque tem várias teorias.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Quando a luz passa diretamente no espelho, reflete um pouco a luz ondulatória

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

O fóton se manifesta como ondas interpretamos, com as ondas podemos seguir pelo interior do fóton.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 01	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Fenômeno ondulatório que se propaga	Fóton	a luz é diferente das coisas comuns da experiência	duas coisas diferentes, fenômeno da física clássica e da física quântica
Explicação da experiência do interferômetro	luz passa pelo espelho e forma uma onda se desviando e refletindo	um fóton é separado por vez e não produz ondas	mesmo mandando um fóton de cada vez ele é um fenômeno de interferência	a onda consegue um fóton
Explicação da experiência para um fóton	o fenômeno é constante e o fóton é algo discreto	de acordo com um fóton de cada vez por vez algo organizado	é uma partícula independente do experimento	a onda decide se o fóton passa por um dos lados.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

A ciência já em evolução e muda constantemente para que possa ir mais longe e aprofundar.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Complementaridade.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

não existe segundo a complementaridade pois não tem ninguém pra provar isso e não está interagindo com nada.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 03	3.º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	A luz é apenas ondulatória pois não se divide.	A luz é um fóton, um tipo de partícula.	O fóton age como uma onda, ele forma uma onda de um em um.	um fóton se divide no momento da reflexão e no trânsito.
Explicação da experiência do interferômetro	Ondulatória com o interferômetro.	Quem forma as figuras que mostram são os fótons.	Complementaridade, depende muito do experimento.	O fóton não se divide.
Explicação da experiência para um fóton	Só se lentamente para várias ondas.	Não perde a forma, o transferido não atrapalha.	4 interferências de interferência, faz ele perder a forma.	não explica um lado está com onda e outro sem onda.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque é algo muito difícil de se explicar, então surgem diversas interpretações. Todas válidas pois não se sabe ao certo como age a luz. Pode ser algumas dessas interpretações ou outra desconhecida.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A ondulatória pois, a ondulatória tem conceitos bem concretos. Porém quando coloca o interferômetro parece ser corpuscular. Mas mesmo assim a que mais me agrada foi essa.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Meu pé existe pois ele não é formado de somente átomos e sim de vários. E eu sinto ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 05	3.º Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	um fenômeno ondulatório	uma partícula chamada fóton	o fóton se manifesta como onda	a partícula vai junto com a onda
Explicação da experiência do interferômetro	a onda vai normal, mais se envia um fóton por vez não tem como explicar	o fóton se deforma, não forma o desenho que deveria formar.	Depende do experimento	o problema é que o fóton não se divide, ele tem um caminho só, a outra onda é vazia
Explicação da experiência para um fóton	o fóton é localizado, e a onda é um malhado	não tem explicação, pois o fóton não se divide	ele sempre forma um desenho porque ele age como uma onda	ela não iria formar nada, pois uma onda vai vazia e a outra com fóton

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque ninguém sabe ao certo se a luz é uma onda ou partícula

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

a ondulatória, pois explica com mais facilidade e coerência esse fenômeno chamado luz

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?" Existe sim, porque

eu sei que ele está lá, já tinha interagido com ele sei que ele está lá, mesmo não olhando meu cérebro interage como.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 06	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	É um fóton ondulatório ou transporta energia	Cada um tem o seu caminho o fóton não segue o mesmo caminho	É uma onda complementar que se divide de acordo com o tipo de experimento	É um fóton que tem ondas que são dualista ou seja duplos
Explicação da experiência do interferômetro	Ondulatória com o interferômetro	Um fóton as frequências que aparecem são os fótons	Depende muito do experimento.	O fóton se divide em duas ondas
Explicação da experiência para um fóton	Aos poucos os transporta a energia para os fótons e vão em ondas	É uma coisa que não perde a forma e é transportada na mesma forma	Interferência do interferido por ela perde toda sua forma	Não explica porque um lado está com ondas e outro está sem onda.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque existem muitas discussões com o professor sobre essa natureza da luz e ele tenta chegar a conclusões para poder explicar.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A ondulatória porque ela discute sobre onda, que transportam energia que se deslocam de uma para outra constantemente.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". Não pois são vários átomos, e o seu pé existe sim.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 7	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Um fenômeno ondulatório que se propaga.	Um fóton.	ou uma onda, ou uma partícula, depende do experimento.	São as duas ao mesmo tempo.
Explicação da experiência do interferômetro	A onda passa pelos espelhos e semi-espelhos se dividindo, e quando chega até o anteparo, ele forma uma imagem com interferência.	A partícula passa por um dos lados do espelho, e do semi-espelho e ao chegar no anteparo, ele forma uma imagem com interferência.	Quando é colocado um detector a luz, se comporta como partícula, e sem nada para interferir ela é onda, sendo partícula a imagem é distribuída, sendo onda tem	a onda carrega o fóton
Explicação da experiência para um fóton	Não é ondulatório, porque esse efeito é algo espalhado, e o fóton é algo localizado.	Ele interage com um de cada vez, pois é algo organizado.	Independente da experiência ele é uma partícula.	A onda se divide e o fóton passa por um dos lados.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Existem várias interpretações, mais ninguém sabe qual é a verdadeira.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Complementar, porque explica os dois efeitos.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não, porque não pode ser comprovado.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 08	3.º Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	um fenômeno ondulatório	uma partícula chamada fóton	o fóton se manifesta como onda	o partícula vai junto com a onda.
Explicação da experiência do interferômetro	a onda vai normalmente mas se você manda um fóton por vez não tem com explicar	o fóton se deforma, não forma o desenho que deveria formar	depende do experimento	o problema é que o fóton não se divide e ele vai por um lado só e o outro vai uma outra onda vazia
Explicação da experiência para um fóton	o fóton é localizado e a onda espalhada	não tem explicação pois o fóton não se divide	ele ao pouco forma um desenho porque ele age como uma onda	ela não vai formar nada, pois uma onda vai vazia com fóton

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

porque ninguém sabe ao certo se a luz é uma ou partícula

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

a ondulatória, pois explica com mais facilidade e coerência esse fenômeno chamado luz.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?". Existe sim, porque sei que ele está lá, mesmo não vendo pois meu cérebro está interagindo com ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 09	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Só onda, porque um fóton não pode ser dividido igual onda	É um fóton que é feito de partícula	1 fóton se manifesta como onda	1 fóton é a onda oscilando se fundindo.
Explicação da experiência do interferômetro	A onda vai indistintamente por os dois caminhos e não manda um fóton por vez não tem como explicar o porque aparece o desenhado	Os fótons não formam o desenho que deveria por causa da interferência	Depende da Experimenta.	fóton não se divide.
Explicação da experiência para um fóton	Vai formar lentamente a onda	O interferômetro não vai interferir em nada	O interferômetro vai interferir	Um lado vai ficar com onda e o outro sem onda

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque é uma coisa muito difícil de se explicar.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A corpuscular, porque eu acredito que a partícula não se divide

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Existe porque eu estou sentindo ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos:		
☒ Compreender conceito de fóton; ☒ Diferenciar partículas e ondas; ☒ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação:		
☐ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ☐ Completude das respostas; ☐ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ☐ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º	3.º Ano <u>F</u> EM
	11	

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Fenômeno ondulatório	A luz por corpuscular e fóton	El'ela é uma onda ou ela é uma partícula	É uma onda onde correção no-partícula
Explicação da experiência do interferômetro	Não acontece nada se é uma onda.	Ondas coerentes vai de forma diferente cada um por lado	É um fenômeno ondulatório segundo a complementaridade. Porque forma uma figura de interferência	El'ela pode ser tanto ondas como realista. Onde correção o fóton.
Explicação da experiência para um fóton	Não por que o fóton é localizado.	O fóton é uma partícula que se comporta como onda	Independente do experimento é uma partícula	O fóton é composto de duas partes: uma partícula e uma onda associada.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Por que foi parte da ciência, e tudo vai se evoluindo e tem que ter explicações, então, por isso tantas interpretações e algo que sempre vai haver dúvidas de como age, por que aqui isso tem

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada. etc!

Eu gostei da interpretação da luz, por ser um fenômeno ondulatório, por ser fóton por corpuscular etc. e por se ter várias opiniões

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não podemos comprovar que existe por quando estou olhando ele para ele só que existe, mas quando não estou olhando ninguém pode me provar isso por é algo que não estou interagindo com ele, pela interpretação complementar, não pode ser onda e partícula ao mesmo tempo.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 15	3º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	uma onda.	como um tom o que acontece não tem o mesmo	Onda complemen- tar que se de- ta.	uma onda.
Explicação da experiência do interferômetro	na interfere porque o po- ter não. Não por frequ- cia.	o foton não forma o ob- eto que deve rio dos dois do interfere- metro.	Dependo de Experiên- cia.	O problema é que a poten- cia não se divide e de vai por um lado.
Explicação da experiência para um fóton	É que o foton é uma coisa localizada e a onda é uma coisa grande e dependente	não tem explica- ção perfeita pois um foton não se divide.	Elas parecem como um dis- co pois age como uma onda.	Ele não vai fazer nada pois um lado a onda vai e o outro vai um foton.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque a luz não tem um jeito definido porque ela pode ser con-
stante ou complementar.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A ondulatoria porque como uma onda ela é constante.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Se eu estou olhando para meu pé ele existe não
se ele não existe então minha mão também não existe
porque meus olhos também seriam feitos de átomos.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 16	3º. Ano <u>E</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	um movimento de transmissão através de ondas	um movimento que é transmitido através de fótons	é quando a onda e o fóton estão trabalhando de um conjunto	é quando se junta a onda com o fóton, mais no final fica uma onda
Explicação da experiência do interferômetro	esse movimento ondulatório é dividido, assim se propagando e formando a figura de pontos claros e escuros	esse movimento possui como interferência a com a imagem não é explicado	não se modifica	o fóton não pode fazer ondas, a luz nunca pode ser as duas coisas ao mesmo tempo.
Explicação da experiência para um fóton	a onda pode ser dividida sendo assim um conjunto, o fóton é algo singular não existe	não possui explicação clara sobre este foto.	esse movimento forma o detetor de uma forma demorada mais se coloca um detector a imagem é total destruído	Pelo diferença de tempo não ocorre o encontro do fóton e onda

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque cada experiência explica um experimento diferente, porém nenhuma consegue explicar as outras explicações.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Ondulatório, pois ele consegue explicar melhor o motivo da figura formada, porque uma onda se soma e se transforma em pontos de luz e a outra se forma os pontos escuros.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Existe pois mesmo sem estar olhando pois ele eu estou sentindo, então eu estou interagindo com ele. Assim sendo um movimento de complementaridade

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 14	3º. Ano 1 EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	sistema ondulatório transporte de energia em movimento de onda	é o sistema onde a luz aparece em forma de fótons, sem forma de onda	quando eu vejo eu vejo a partícula	quando a onda leva a energia (fóton)
Explicação da experiência do interferômetro	A partir dos experimentos, eu concluí que quando vemos a experiência de movimento ondulatório ela se divide se propagando e formando uma figura c/ p. claro e escuro	o fóton é uma partícula que ele nunca se divide. Ou ele é transmitido ou refletido. Aparecendo como um borrão	Depende do resultado do experimento quando aparece uma figura de interferência é um sistema ondulatório.	Quando a onda leva a partícula mas não se divide, a onda se divide mas a partícula não então, uma das ondas fica vazia.
Explicação da experiência para um fóton	não há como ser explicado na forma ondulatória, pois o sistema ondulatório tem dificuldade de explicar este fóton pelo fóton se corpuscular e ele forma localizado,	Quando os fótons é passado como partículas, mostrando também uma figura de interferência	Quando colocamos o detector não forma figura alguma, tornando-se uma figura corpuscular	A partícula se associa com a onda, mas ele nunca se divide

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque em cada experiência vimos que o movimento ou a observação se interage com o experimento seja ele ondulatório Corpuscular, Complementaridade ou Dualista-realista.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A interpretação onde usamos a luz como forma ondulatória porque vimos que a onda da uma melhor explicação tornando viável e muito entendida mais entendida e aceitável.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Do ponto de vista da interpretação, existe, por, mesmo quando eu não estou interagindo com o meu pé mas o meu corpo e meu cérebro ainda está interagindo e me fazendo perceber que mesmo não olhando eu ainda interajo com ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 18	3º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	propaga-se através de ondas, se encontra em qualquer meio e no vácuo, tem intensidade I .	É uma luz convertível entre si, através das emissões e absorções pelos mesmos.	Ela pode ser onda ou átomo, depende da experiência.	É quando o átomo e as ondas são mantidas juntas e perdidas a força quando estão separadas.
Explicação da experiência do interferômetro	É sempre quando forma uma figura de interferência com pontos claros e escuros.	Quando se coloca um obstáculo, a partícula não obtém nenhuma imagem de interferência, ela passa a ser corpuscular.	Depende do que queremos ver, se é da maneira ondulatória ou da maneira de partículas que não forma a interferência.	Ela forma a mesma figura de interferência porém carregando a partícula na onda.
Explicação da experiência para um fóton	Nem sempre um átomo de cada vez ele forma uma figura de interferência.	Quando se monta com a maneira que você quer, você pode destruir a imagem para que ela fique da maneira que você quer ver.	Se os fótons forem detectados, podemos dizer que ele se comporta como uma partícula.	Eles se mantêm fortes quando o átomo e as ondas não se misturam, e todo isso deste fenômeno é quando ambos se separaram no mesmo experimento.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque há vários modos de explicar a palavra luz, pois ela pode ser constituída por vários elementos "onda, átomos e até mesmo os dois juntos".

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A luz ondulatória é a que me agrada por ser a que dá mais exemplos de como podemos visualizar a luz.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim, pois o átomo que compõe nosso corpo é diferente do átomo da luz. É um conjunto de átomos vivos que compõe as células do corpo humano.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 19	3.º Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	É quando a luz se explica do como onda	Quando experimento diz que a luz é corpuscular	Quando a luz pode ser onda ou corpusculo numcaso?	Quando as duas explicações são aceites
Explicação da experiência do interferômetro	Quando uso mos e na tela forma como imagem de interferência.	Quando colocamos detector e não forma imagem de interferência	Quando o observador começa fazer parte do experimento.	Quando todas as teorias são aceites
Explicação da experiência para um fóton	Quando usamos o detector que anula a natureza ondulatoria	Quando liberamos photon por photon e não forma imagem, ali	Quando colocamos detector a ter corpuscular, quando tiramos a ter é confirmado ondulo	os photons não se encaixam por causa do intervalo de tempo

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque nenhuma explicação é absoluta, sendo assim não consegue anular as outras

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Corpuscular, porque assim como os estados físicos do átomo, podemos definir que a luz pode ter vários estados.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não, porque quando você não olho para ele, ele não some porque você consegue senti-lo.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º	3.º Ano <u>EM</u>
	20	

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	a luz é formada por ondas	a luz é um corpusculo (FOTON)	para ela é onda e outro tempo é partícula	luz é onda e partícula ao mesmo tempo
Explicação da experiência do interferômetro	a onda passa pelas espelhas e semi-espelha se dividindo e quando chega de anteparo ele forma um padrão de interferência	a partícula (fóton) passa por um dos lados de espelho e vai direto para o anteparo e forma uma única mancha	quando é colocado um detector a onda sempre forma uma partícula sem onda partícula	a onda chega e batem
Explicação da experiência para um fóton	não pode ser ondulatória, pois a onda é espalhada e a fazem a luz ir em direção	interage com um par atômico	ele é sempre partícula	a onda se divide e a faz um passo por um dos lados

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque existem várias interpretações que podem ser consideradas corretas, ambas tem erros e acertos.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

a dualista-realista, pois ela explica as duas naturezas (ondulatória e corpuscular) e me parece mais coerente.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

de acordo com a interpretação da complementaridade ele não existe, só que não sabemos interagindo com ele não podemos provar que ele existe.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 22	3º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Um fenômeno que se propaga em ondas	um fóton	quando a partícula depende do experimento	há os 2 ao mesmo tempo
Explicação da experiência do interferômetro	quando usamos na tela forma uma imagem de interferência	existe uma interação por isso a imagem se modifica, e não forma	quando o observador começa fazer parte do experimento.	quando largamos o fóton, e quando todos os tons não acitam.
Explicação da experiência para um fóton	quando usamos o detector que anula a "luz ondulatória"	quando liberamos fóton por fóton e não forma imagem assim se confirma a luz.	quando colocamos o detector a luz corpuscular, quando tiramos é ondulatório	os fótons não se encontram por causa do intervalo de tempo.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque nenhuma interpretação consegue anular as outras.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Complementar, porque ele explica os efeitos ondulatório e corpuscular.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não, porque quando você não está olhando para ele, ele não some, você ainda continua interagindo com ele não visualmente mais você continua sentindo ele.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz. 		
Critérios de Avaliação:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação. 		
Aluno(a):	n.º	3.º Ano <u>1</u> EM
	23	

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	Ondas de energia por onde se propaga a luz.	Composta por partículas de luz chamadas fótons.	Ela pode se comportar como onda ou como partícula dependendo da situação.	É quando as ondas se comportam como partículas e vice-versa.
Explicação da experiência do interferômetro	É sempre quando se cria uma fenda de interferência.	Quando se coloca um obstáculo a partícula não passa.	Depende de qual queremos ver se é de maneira ondulatória.	Ela forma a mesma figura.
Explicação da experiência para um fóton	Quando se cria um obstáculo, a luz se comporta como onda.	Quando se coloca um obstáculo, a luz se comporta como partícula.		Ela se comporta como onda quando não se observa o mesmo lugar.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque há vários meios de explicar a palavra luz, pois ela pode ser constituída tanto de ondas quanto de partículas.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

O fenômeno ondulatório, porque ela se comporta de uma forma que a energia.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Sim o átomo que compõe nosso corpo é diferente da luz.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 24	3º. Ano F EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	é um fenômeno ondulatório	uma partícula chamada fóton.	o fóton se manifesta como onda	a partícula vai junto com a onda
Explicação da experiência do interferômetro	a onda vai normalmente mas se encontra um fóton por vez não tem como ir para os dois lados	o fóton se deforma, não tem o desenho que deveria ter	depende do experimento	o problema é que o fóton não se divide ele tem um caminho e a outra onda é vazia
Explicação da experiência para um fóton	o fóton é localizado e a onda é espalhada	não tem explicação pois o fóton não se divide	de acordo com o experimento se deforma porque ele age como onda	ele não tem forma nada pois uma onda vai para os dois lados e a outra com fóton.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque ninguém sabe ao certo se a luz é uma onda ou partícula

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

a ondulatoria, pois explica com mais facilidade a natureza de fenômeno chamado luz.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Existe sim, porque nós não estamos olhando para ele e meu cérebro interage com meu pé.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 26	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	a luz é apenas ondulatória. se o fóton não se divide	a luz é um fóton feito de partículas	a luz age como uma onda, ele forma uma onda de um em um.	um fóton se divide em fragmentos de reprodução.
Explicação da experiência do interferômetro	Ondulatório com o interfere mesmo	o fóton não forma as figuras que descrevem mostra por causa da interferência	é uma figura de interferência por causa e corpusculares.	Ele não se divide se ir por um lado e a outro ir por outro lado e não ir uma onda vai
Explicação da experiência para um fóton	a onda é algo grande e se espalha só o fóton é algo localizado	não há uma explicação perfeita para isso, apenas um fóton não se divide.	Ele aos poucos formam um desenho pois com age uma onda com a passagem de tempo se formo em um desenho.	um lado a onda vai e o outro vai o fóton com isso não ir formar rede.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

porque não se acha nada certo se a luz é realmente uma partícula ou uma onda, na Ondulatória.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

como o fóton não aos poucos se divide e Dualista-realista

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Naão, porque são vários átomos e não só um e esses vários átomos formam meu corpo que é real e não para não-lo e sabe que ele existe mesmo não olhando por isso sente.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data: / /
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 24	3º. Ano <u>Y</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	um fenômeno ondulatório que se propaga	É um fóton que é uma partícula e não se divide	Ou uma onda ou uma partícula dependendo do experimento.	De vez, uma partícula e uma onda ao mesmo tempo...
Explicação da experiência do interferômetro	Ele passa pelos espelhos e semi-espelhos se dividindo e refletindo entre eles e chegando ao anteparo e formando uma figura de interferência.	A fonte joga um fóton por vez, por ter o detector entre espelhos e semi-espelhos, os fótons se confundem e vão para todos os locais não formando imagem.	Terão apenas espelhos e semi-espelhos, mesmo mantendo um fóton de cada vez, ele forma uma figura de interferência.	A onda carrega o fóton.
Explicação da experiência para um fóton	Não pode ser ondulatório pois esse efeito é algo espalhado, e o fóton é algo localizado	Ele mexe com um fóton de cada vez, por ser algo localizado e organizado, saindo um de cada vez do ponto de saída	Independente do experimento ele é uma partícula sempre.	Da fonte manda a onda que se divide em fótons, passando por um dos locais.

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Por a ciência ser algo que está em constante progresso e com o passar dos anos foi aparecendo explicações mais "exatas" para se igualar os avanços da sociedade.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

O Complementaridade, por gosto de coisas exatas ou é ou não é, uma coisa ou outra.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não pode ser comprovado que existe pois quando estou olhando para ele sei que existe, mas quando não estou olhando ninguém pode me provar isso pois não estou interagindo com ele pois pela interpretação complementar, não pode ser onda e partícula ao mesmo tempo.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 28	3.º Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	é um fenômeno ondulatório	A luz por ser corpuscular é o fóton	ou ela é uma onda ou ela é um partícula	é uma onda ondulatória ou é uma partícula
Explicação da experiência do interferômetro	não acontece nada se é uma onda	O desenho vai de forma diferente porque vai como um pro um lado.	é um fenômeno ondulatório por quando a complementaridade. Por forma um dos lados de interferência	Ele pode ser tanto dualista como realista
Explicação da experiência para um fóton	não porque o fóton é localizado	O fóton é uma partícula e num certo divide	Independente do experimento é uma partícula.	O fóton é composto de duas partes: uma partícula e uma onda associada

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

A ciência tá evoluindo e mudando constantemente para que possa cada vez mais se aperfeiçoar

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Corpuscular

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Não existe segundo a complementaridade pois não tem ninguém p/ provar isso e não está útil quando com nós

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 29	3.º Ano E EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	onda	fóton corpúsculo	uma casa ou outro dependendo do experimento	as duas ao mesmo tempo
Explicação da experiência do interferômetro	Quando a luz passa por um furo, ela se espalha e se divide, formando uma imagem com interferência.	Quando a luz passa por um furo, ela se espalha e se divide, formando uma imagem com interferência.	Quando a luz passa por um furo, ela se espalha e se divide, formando uma imagem com interferência.	Quando a luz passa por um furo, ela se espalha e se divide, formando uma imagem com interferência.
Explicação da experiência para um fóton	Não é onda, pois não se espalha e não se divide. É um fóton localizado.	É a interação com um fóton de cada vez, ao contrário do que seria esperado se a luz fosse uma onda.	Independente do experimento, a luz é uma partícula.	Na realidade, a luz pode ser observada de duas maneiras: como onda ou como partícula, dependendo do experimento.

(todas são válidas)

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

Porque ninguém consegue provar realmente qual é a verdade, mas isso não significa que as outras interpretações estão erradas.

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

Acredito na teoria da dualidade onda-partícula, que diz que a luz pode ser considerada como onda ou como partícula, dependendo do experimento. Ambos os modelos, e as outras interpretações também são válidas.

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um

átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

Existente. Porque quando a gente está olhando p/ o pé, a gente está interagindo com ele e isso não está sendo observado. Então, a gente está interagindo com ele e isso não está sendo observado. Então, a gente está interagindo com ele e isso não está sendo observado. Então, a gente está interagindo com ele e isso não está sendo observado.

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ▪ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ▪ Completude das respostas; ▪ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ▪ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 31	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	a luz ondulatória é uma partícula chamada fóton	corpuscular, seria fóton, uma partícula	ela pode ser onda partícula depende da situação	na natureza a onda tem que ser isso, da partícula
Explicação da experiência do interferômetro	é sempre quando forma uma figura de interferência	quando se coloca um obstáculo a partícula vai seguir	depende de que quem vai ser a maneira onde coloca	ela forma esse mesmo figura
Explicação da experiência para um fóton	o fóton é a difração da luz	quando se mede com uma câmera a imagem	o fóton é onda e partícula ao mesmo tempo mas interfere em si mesmo de maneiras diferentes	ele pode manter forma onda quando vai pelo mesmo lugar

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

porque a luz existem de vários métodos, as interpretações diferentes

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

o fenômeno ondulatório, porque ela precisa de um foto para gerar a energia

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

sim o átomo que compõe nosso corpo e deflora da luz

Tipo de Instrumento:	Professor(a):	Data:
Objetivos: ✓ Compreender conceito de fóton; ✓ Diferenciar partículas e ondas; ✓ Compreender e diferenciar as interpretações da Mecânica Quântica para a natureza da luz.		
Critérios de Avaliação: ■ Clareza e coerência dos objetivos específicos; ■ Completude das respostas; ■ Clareza e coesão do texto de cada resposta; ■ Uso adequado da ortografia e pontuação.		
Aluno(a):	n.º 32	3º. Ano <u>F</u> EM

1- Preencha o quadro, sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz:

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-realista
A luz é...	A LUZ É SO ONDA, POR QUE UMA PHOTON NÃO PODE SER DIVIDIDO EM DUAS ONDAS	A LUZ É UMA PHOTON, QUE É FEITO DE PARTÍCULA	O PHOTON SE MAIS RESTA COMO ONDA	O PHOTON É A ONDA ALGUM SE JUNTANDO
Explicação da experiência do interferômetro	A ONDA VAI NORMALMENTE MAIS SE VOCÊ MANDA UM PHOTON POR VEZ NÃO TEM COMO EXPLICAR O PORQUE DESSE	OS PHOTONS NÃO FORMA OS DESENHOS QUE DEVERIA POR CAUSA DO INTERFEROMETRO	DEPENDE DO EXPERIMENTO	O PROBLEMA É QUE O PHOTON NÃO SE DIVIDE E ELE VAI POR UM LADO SÓ, O OUTRO VAI UM ONDA, VAI
Explicação da experiência para um fóton	É QUE O PHOTON É UMA COISA LOCALIZADA E A ONDA É UMA COISA GRANDE E ESPALHADA	NÃO TEM EXPLICAÇÃO PERFEITA POIS UM PHOTON NÃO SE DIVIDE	ELE AOS POUCOS FORMA UM DESENHO POIS COMO AGE COMO UMA ONDA E O PASSAR DO TEMPO FORMA UM DESENHO	ELA NÃO VAI FORMAR NADA POIS UM LADO A ONDA VAI VAI E A OUTRA VAI UM PHOTON

2- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?

PORQUE NINGUEM SABE AO CERTO SE A LUZ É UMA PARTÍCULA OU UMA ONDA

3- A partir do que foi discutido em aula, explique qual das quatro interpretações mais lhe agrada.

A DUALISTA REALISTA POIS O PHOTON VAI AOS POUCOS E SE UNIR

4- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: "Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?"

NÃO POR QUE SÃO VÁRIOS ÁTOMOS E NÃO SÓ UM E ESSES VÁRIOS ÁTOMOS FORMA MEU CORPO QUE É REAL E EU POSSO MOVE-LO E SEI QUE ELE EXISTE MESMO NÃO OLHANDO