UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

Faculdade de Educação, Instituto de Física

Marina Valentim Barros

Tópicos de Física Quântica na formação de professores de Física: análise das interações discursivas através da utilização de uma metodologia ativa de instrução pelos colegas

São Paulo

2015

Marina Valentim Barros

Tópicos de Física Quântica na formação de professores de Física: análise das interações discursivas através da utilização de uma metodologia ativa de instrução pelos colegas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de Concentração
Ensino de Física

Orientador
Prof. Dr. Marcelo Alves Barros

Versão Corrigida
A versão original encontra-se na Biblioteca do IF-USP, da FE-USP assim como na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP.

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
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Barros, Marina Valentim

Tópicos de física quântica na formação de professores de física: análise das interações discursivas através da utilização de uma metodologia interativa de instrução pelos colegas.

São Paulo, 2015.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Barros

Área de Concentração: Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino) 2. Física quântica (Estudo e ensino); 3. Metodologia do ensino; 4. Formação de professores.

USP/IF/SBI-105/2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: BARROS, Marina Valentim

Título: **Tópicos de Física Quântica na formação de professores de Física:**
análise das interações discursivas através da utilização de uma metodologia
interativa de instrução pelos colegas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, sempre presentes e dispostos a tudo.

Agradeço ao meu orientador Marcelo Alves Barros, que me recebeu em São Carlos, uma cidade totalmente desconhecida para mim, e me deixou à vontade e segura. Acompanhou atentamente todos os passos desse trabalho com muita competência, sabendo dizer o não e o sim nas horas certas. Muito obrigada também pela amizade construída nesses quatro anos.

Agradeço ao meu irmão Hugo, por resolver todos os meus problemas técnicos e por ter me dado, junto com a Amanda, dois sobrinhos lindos, a Helena e o Thiago. Agradeço à minha irmã Luisa, por ter me dado casa, comida e roupa lavada; sem o seu apoio em São Paulo tudo seria mais difícil.

Agradeço à Letícia Zago, por ser uma ótima companhia em São Carlos e por estar sempre disposta a ouvir e ajudar.

Agradeço ao Colégio Santo Antônio, que permitiu (sem ressalvas) as minhas várias ausências nesse período. Além de ser o colégio em que estudei a minha vida inteira, é o lugar em que me formei professora, onde adoro trabalhar e onde construí grandes amigos.

Agradeço aos meus amigos de Belo Horizonte, em especial, , Cecília, Tiago e Sérgio que estiveram sempre ao meu lado escutando todas as minhas chatices do doutorado.

Agradeço aos amigos que fiz em São Paulo, Cris, Vipa, Lulu e Winston. Foi mais leve com vocês. “Ah essa vida” foi a parte mais divertida e linda!

Agradeço à professora Lúcia Sasseron, pelas contribuições na qualificação, com considerações precisas e sinceras que foram registradas com aquele lápis cotoco e que me ajudaram imensamente.

Agradeço aos professores Maurício Pietrocola e Alexandre Rodrigues pela oportunidade em desenvolver uma sequência didática sobre Computação Quântica , que contribuiu imensamente para essa pesquisa.

" Detenhamo-nos aqui por um momento para garantir ao analista que ele conta com nossa sincera simpatia nas exigências muito rigorosas a que tem de atender no desempenho de suas atividades. Quase parece como se a análise fosse a terceira daquelas profissões 'impossíveis' quanto às quais de antemão se pode estar seguro de chegar a resultados insatisfatórios. As duas outras, conhecidas há muito mais tempo, são a educação e o governo."

Sigmund Freud

RESUMO

BARROS, M. V. Tópicos de Física Quântica na formação de professores de Física: análise das interações discursivas através da utilização de uma metodologia interativa de instrução pelos colegas. 2015. 230 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física/Faculdade de Educação, São Paulo, 2015.

O trabalho apresenta uma análise e descrição, do tipo estudo de caso, das estratégias enunciativas utilizadas por duas futuras professoras de física que implementaram uma sequência didática sobre tópicos de Mecânica Quântica. As aulas foram estruturadas como aulas invertidas, em que se utilizou o *peer instruction* (instrução pelos colegas) como metodologia ativa, e fizeram parte de um minicurso de 8 horas de duração dirigido a alunos do Ensino Médio. O minicurso foi realizado por professores em formação do Curso de Licenciatura em Ciências Exatas, do Instituto de Física da USP de São Carlos, bolsistas do projeto PIBID/CAPES no ano de 2013. A análise das estratégias enunciativas foi feita utilizando-se da ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2003) levando em conta um conjunto de modos de comunicação. O objetivo é caracterizar o discurso de professoras em um contexto de inovação curricular utilizando uma metodologia ativa de aprendizagem. As intenções e intervenções dos professores, a abordagem comunicativa estabelecida em sala de aula, os padrões e os conteúdos das interações foram analisados. Os resultados apontam que as futuras professoras utilizaram abordagens interativas dialógicas e de autoridade para mediar a discussão entre os pares e que nenhuma das abordagens é superior a outra para realizar as mediações em sala de aula. As abordagens interativas dialógicas foram usadas com um padrão de interação do tipo I-R-F (iniciação-resposta e *feedback*), as abordagens de autoridade foram usadas com padrões de interação do tipo I-R-A (iniciação- reposta-avaliação). Foram identificados três momentos na instrução pelos colegas de ambas futuras professoras: o compartilhamento de alternativas, a discussão das ideias e o fechamento das discussões. Esses estágios foram relacionados as intenções e intervenções estabelecidas pelas futuras professora. A abordagem interativa dialógica na aplicação da instrução pelos colegas se mostrou mais adequada que outras abordagens. O trabalho visa contribuir para o avanço das pesquisas na formação de professores em um contexto de inovação curricular ampliando interpretações dos mecanismos e processos envolvidos na formação inicial de professores de Física, quando estes trabalham com metodologias interativas de ensino, em particular, o método de Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*).

Palavras-chave: ensino; física quântica; metodologia de ensino

ABSTRACT

BARROS, M. V. Quantum Physics Topics in the training of Physics teachers: analysis of the discursive interactions using peer instruction. 2015. 230 p. Thesis - Institute of Physics / Faculty of Education, São Paulo, 2015.

This thesis presents an analysis and description of the case study type, the declared strategies used by two future physics teachers who implemented a teaching sequence on topics of Quantum Mechanics. The classes were structured as flipped classroom, which used the peer instruction as active methodology, and took part in a short course of eight hours' duration aimed at high school students. The short course was held for teachers in training of Sciences Degree Course of the Institute of Physics of São Carlos, fellows PIBID project / CAPES in 2013. The analysis of the declared strategies was performed using the analytical tool proposed by Mortimer and Scott (2003) taking into account a range of modes of communication. The goal is to characterize the speech of teachers in a curriculum innovation context using an active learning methodology. The tool analyzed the intentions and activities of the teachers, the communicative approach set out in the classroom, the patterns and the interactions content. The results show that future teachers used dialogical and interactive approaches authority to mediate the argument between the couple and that neither approach is superior to another to conduct mediations in the classroom. Dialogical interactive approaches were used with a pattern of interaction type IRF (initiation-answer and feedback), the authority of approaches were used with IRE kind of interaction patterns (initiation- answer- evaluation). Three moments in education by peers of both future teachers were identified: alternative sharing, discussion of ideas and the closure of the discussions. These stages were related intentions and interventions established by future teachers. The dialogic interactive approach to education application by colleagues was more appropriate than other approaches. This work aims to contribute to the advancement of research in teacher education in a curriculum innovation context expanding interpretations of the mechanisms and processes involved in the initial formation of physics teachers when they work with interactive teaching methodologies, in particular, the peer instruction.

Keywords: education; quantum physics; teaching methodology

SUMÁRIO

1 Introdução.....	12
2 Revisão bibliográfica	18
2.1 A metodologia da revisão bibliográfica	18
2.2. Descrição dos trabalhos	20
2.2.1 Os trabalhos de revisão da literatura relacionados ao ensino de Física Quântica	20
2.2.2 O Interferômetro de Mach-Zehnder	22
2.2.3 O Experimento da dupla fenda	28
2.2.4 Formação de professores.....	30
2.2.5 Concepções dos estudantes sobre Física Quântica	33
2.2.6 Propostas Didáticas de Ensino de Física Quântica.....	37
3 A instrução pelos colegas e as aulas invertidas	42
3.1 O surgimento do <i>Peer Instruction</i> (instrução pelos colegas)	42
3.2 O método <i>Peer Instruction</i> (instrução pelos colegas)	44
3.2.1 O funcionamento do método de instrução pelos colegas (<i>Peer Instruction</i>)....	45
3.2.2 O uso dos clickers ou cartões de respostas (flashcards)	48
3.2.3 Os testes conceituais	50
3.3 As aulas invertidas (<i>flipped classroom</i>)	51
3.4 Como surgiu a metodologia das aulas invertidas	51
3.5 O que é uma aula invertida	52
3.6 Grandes ideias sobre as aulas invertidas (<i>flipped classroom</i>).....	55
3.7 Por que inverter uma aula?	56
4 Metodologia de pesquisa e coleta de dados.....	59
4.1 O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, o PIBID	59
4.1.2 O PIBID da Universidade de São Paulo	61
4.1.3 O subprojeto PIBID de Física da USP de São Carlos	62
4.2 As atividades desenvolvidas no subprojeto do PIBID de Física- São Carlos	64
4.2.1 Atividades preparatórias de Física Quântica	65
4.2.2 As aulas tradicionais de tópicos de Física Quântica	66
4.2.3 A metodologia ativa	69

4.2.4 Preparação e aplicação do minicurso sobre tópicos de Física Quântica	70
4.3 O sistema de categorias.....	84
4.3.1 Intenções do professor	84
4.3.2 O conteúdo das interações em sala de aula	85
4.3.3 Abordagem Comunicativa	86
4.3.3.1 Abordagem comunicativa interativa de autoridade.....	87
4.3.3.2 Abordagem comunicativa interativa dialógica	87
4.3.3.3 Abordagem não interativa de autoridade.....	88
4.3.3.4 Abordagem não interativa dialógica	88
4.3.4 O locutor e os padrões de interação	88
4.3.5 As intervenções do professor	89
4.4 A transcrição dos dados	90
5 A análise dos dados.....	92
5.1 A futura professora Daniela.....	92
5.2 Os episódios da futura professora Daniela.....	94
5.2.1 Episódio 1- O mundo clássico e o mundo quântico.....	94
5.2.2 Episódio 2 - Interferência.....	98
5.2.3 Episódio 3 – Experimento de Young	102
5.2.4 Episódio 4 – Experimento da dupla fenda com partículas.....	105
5.2.5 Episódio 5 – Experimento da dupla fenda com ondas	110
5.2.6 Episódio 6 – Experimento da dupla fenda com elétrons	114
5.2.7 Episódio 7 – A interferência no aparato de Mach-Zehnder	117
5.2.8 Episódio 8 – A destruição do padrão de interferência	122
5.2.9 Episódio 9 – Detecção de fótons emitidos um a um.....	125
5.2.10 Episódio 10 – Detecção de fótons emitidos um a um com a retirada de um semiespelho	128
5.2.11 Episódio 11 – Detecção de um único fóton	131
5.3 A entrevista final da professora Daniela.....	137
5.4 Discussão dos resultados da professora Daniela.....	142
5.5 A futura professora Clara	146
5.6 Os episódios da futura professora Clara	148
5.6.1 Episódio 1 - Interferência.....	148
5.6.2 Episódio 2 – Experimento de Young	151
5.6.3 Episódio 3- Experimento da dupla fenda com partículas.....	154
5.6.4 Episódio 4 – Experimento da dupla fenda com ondas	158

5.6.5 Episódio 5 – Experimento da dupla fenda com elétrons	162
5.6.6 Episódio 6 – A interferência no aparato de Mach-Zehnder	165
5.6.7 Episódio 7 – A destruição do padrão de interferência	168
5.6.9 Episódio 8 – Detecção de fótons emitidos um a um.....	171
5.6.10 Episódio 9– Detecção de fótons emitidos um a um com a retirada de um semiespelho	173
5.6.10 Episódio 10 – Detecção de um único fóton	176
5.7 A entrevista final da professora Clara	181
5.8 Discussão dos resultados da professora Clara	183
 6 Considerações Finais	 187
6.1 A implementação de tópicos de Mecânica Quântica por professoras em formação inicial utilizando o peer instruction.....	Error! Bookmark not defined.
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 192
APÊNDICE A	199
Questionário inicial participantes PIBID	199
APÊNDICE B	202
Entrevista inicial da professora Daniela	202
APÊNDICE C	206
Entrevista final da professora Daniela.....	206
APÊNDICE D	211
Entrevista inicial da professora Clara	211
APÊNDICE E	220
Entrevista final da professora Clara	220

1 Introdução

Não é novidade nenhuma dizer que a ciência exerce influência no cotidiano e na vida das pessoas e que esse é um dos motivos de crescer a cada dia o interesse em assuntos sobre as ciências e as tecnologias atuais. Ao se referir às tecnologias atuais, considera-se o que foi desenvolvido a partir do século XX com o advento das duas teorias: a da relatividade geral e, principalmente, a teoria da Mecânica Quântica.

A Física Quântica, em especial, é considerada uma teoria fundamental, de impacto avassalador na vida das pessoas com inúmeras aplicações que preveem e descrevem uma variedade enorme de fenômenos que têm grande utilidade na tecnologia moderna (FANARO; ARLEGO; OTERO, 2007; GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2003; GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001; MORAIS; GUERRA, 2013; POSPIECH, 2003; SALES et al., 2008). Possibilitar que o cidadão comum tenha compreensão das novas tecnologias é tarefa da escola e, principalmente, do ensino médio, já que na realidade brasileira o ensino médio é o último contato acadêmico da maior parte da população. Mesmo os estudantes que terão acesso ao ensino superior, somente uma parte deles se dedicará a uma formação tecnológica e científica, reforçando ainda mais a importância de esse conteúdo ser apresentado na formação dos três anos do ensino médio (HADZIDAKI; KALKANIS; STAVROU, 2000; SALES et al., 2008).

No Brasil a organização curricular da disciplina de física, via de regra, tem sua estrutura baseada em uma ordem cronológica, primeiramente são ensinados os conteúdos que foram descobertos há mais tempo, como cinemática, termodinâmica, ótica e eletromagnetismo, para depois ensinar os conteúdos considerados mais recentes, os de Física Moderna e Contemporânea. Essa estrutura linear e hierarquizada pelo tempo considera o velho como preliminar para o aprendizado do novo e distorce a imagem da natureza científica da física, que não é uma ciência linear com conceitos hierarquizados (TERRAZAN, 1992). Os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea muitas vezes, quando presentes, são abordados somente no final do terceiro ano do ensino médio e isso não deve ser justificado por uma dependência dos conteúdos estudados previamente, os da física clássica.

Apontar justificativas para a inserção do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, portanto, não é nenhuma novidade na pesquisa

em ensino de física e vem sendo feito desde a década de 1990 (DA SILVA; ALMEIDA, 2011; GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PINTO; ZANETIC, 1999). A questão que deve ser respondida é de como a inserção desses conteúdos deve ser feita no ensino médio e como devemos preparar os professores para isso.

O ensino de tópicos da Mecânica Quântica no ensino médio encontra algumas dificuldades, já apontadas em pesquisas da área, que são encontradas tanto por alunos quanto por professores. Podem-se destacar três obstáculos principais

:

- a mudança conceitual que o conteúdo da Mecânica Quântica exige em relação à física clássica (GRECA; HERSCOVITZ, 2011; GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001; KE; MONK; DUSCHL, 2005; LEVRINI; FANTINI, 2013; MÜLLER; WIESNER, 2002; OLSEN, 2002; POSPIECH, 2003). Os conteúdos apresentados pela Mecânica Quântica não se assemelham aos conhecimentos do cotidiano e se diferem muito da física clássica;
- a matemática muito complexa exigindo um formalismo matemático avançado dos estudantes (FANARO; OTERO; ARLEGO, 2009; GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2003; GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001; HADZIDAKI; KALKANIS; STAVROU, 2000; KALKANIS; HADZIDAKI; STAVROU, 2003; KE; MONK; DUSCHL, 2005; MCKAGAN et al., 2009; MORAIS; GUERRA, 2013; POSPIECH, 2000); e
- a formação dos professores, que não se encontram preparados para ensinar o assunto por desconhecerem conceitos quânticos e por não saberem como ensiná-los (FANARO; OTERO; ARLEGO, 2009; GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001; LOBATO; GRECA, 2005; MORAIS; GUERRA, 2013; OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

O terceiro obstáculo apontado relativo ao ensino da Física Quântica diz respeito aos professores, que são os personagens mais importantes em uma proposta para a implementação de tópicos de teorias modernas e contemporâneas. Segundo Couso (2009),

Os professores são os personagens que têm que trazer para a prática a mudança e precisam estar profissionalmente habilitados para fazer isso. Nesse sentido, os professores são o fator mais importante em uma reforma

educacional e uma mudança educacional se torna realmente uma questão de desenvolvimento de professores (COUSO, 2009, p.9).

As dificuldades encontradas pelos professores para implementar tópicos de Física Quântica não são poucas, vão desde a sua formação até o ambiente escolar. Eles enfrentam a complexidade do assunto, que exige um formalismo matemático apurado e, mais ainda, uma compreensão teórica de uma ciência não intuitiva. Muitos professores têm insegurança em relação às propostas de inovação curricular que apontam mudanças na escola. O sistema de ensino também não está habituado a mudanças e dificulta as inovações. Professores não têm flexibilidade para mudanças dentro da escola devendo cumprir um currículo extenso e pré-estabelecido, enfrentando a pressão de exames para a entrada na Universidade.

Diante disso, esse trabalho apresenta uma investigação sobre a formação inicial de professores na implementação de tópicos de Mecânica Quântica para o ensino médio.

A motivação desse trabalho partiu de uma questão pessoal de tentar modificar a sala de aula de física, após alguns anos de magistério. Sou professora no ensino médio da rede particular da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, desde os anos 2000. Trabalho em uma escola tradicional na cidade, com orientação religiosa e enfrento algumas questões nas minhas aulas de física.

Quando comecei a ensinar física, as preocupações que eu tinha eram bem diferentes das que tenho atualmente. Nos anos iniciais, me dediquei a dominar bem o conteúdo de física que iria ensinar, estudava em livros didáticos variados, preparava aulas exaustivamente e, em sala de aula, tentava realizar tudo o que tinha preparado de maneira bem técnica e eficiente. Não conseguia nesses primeiros anos me preocupar com o aprendizado dos alunos e com as relações que existiam em sala de aula. Com o tempo, após esses anos de adaptação “técnica”, consegui perceber que as aulas de física para alguns estudantes eram um fardo. Os alunos sentem-se desmotivados em aprender física, têm baixo desempenho escolar e consideram a disciplina chata, difícil e distante da realidade deles. Na escola em que trabalho, vários alunos lidam com o fracasso escolar, com notas baixas e com enorme incidência de reprovação. Assisto a isso todos os anos e contribuo pouco para uma mudança desse cenário. O meu interesse pela educação, pelo ensino de física, partiu desse convívio que tenho na escola em que trabalho e é justificado por uma vontade de mudar a realidade das minhas salas de aula.

No meu mestrado em ensino de ciências, investiguei uma maneira de ensinar Física Quântica para professores em formação, já que acreditava que, se os futuros professores tivessem acesso a esse conhecimento, poderiam transformar a sala de aula. O interesse pelo ensino de Mecânica Quântica veio de uma vontade pessoal de apresentar aos estudantes conhecimentos atuais e próximos da realidade deles, que não eram abordados no ensino médio. Tive a oportunidade naquela época de realizar na escola em que trabalho um curso extra sobre tópicos de Mecânica Quântica, em que os alunos se mostraram muito interessados no conteúdo. Da mesma forma que nos anos iniciais do meu magistério, a minha preocupação com a preparação das aulas sobre tópicos de Quântica era estritamente técnica, estudava exaustivamente e organiza aulas que nem sempre funcionavam como o previsto.

Quando decidi iniciar a pesquisa do doutorado, tinha a mesma vontade de investigar a introdução de tópicos de Mecânica Quântica para o ensino médio e de como formar professores para realizar essa inovação.

Durante os estudos para o doutorado, apareceram várias questões como a pouca participação dos estudantes nas aulas de física, a postura do professor de apenas transmitir conhecimento e a de ensinar um novo conteúdo utilizando os mesmos métodos de aulas expositivas. Surgiu, então, uma necessidade de modificar a sala de aula, introduzindo uma nova metodologia de ensino, o *peer instruction* juntamente com a abordagem da aula invertida. A escolha dessa metodologia ia ao encontro das necessidades de transformar a sala de aula, motivar os alunos e incentivar a participação deles durante as aulas, tornando a física mais interessante. Ao estudar a metodologia e analisar o seu funcionamento, verifiquei uma mudança do papel do professor. O professor passou a ser um mediador, um facilitador do conhecimento. Essa mudança não era trivial e eu acreditava que a maior parte dos professores em sala de aula não está preparada para ela. Várias suposições foram feitas por mim em relação à dificuldade dos professores em contextos de metodologia ativa como: a insegurança gerada em não ser mais o protagonista da sala de aula, a dificuldade em apresentar os conteúdos de forma diferente do que eles estão acostumados, a maior participação dos estudantes gerando dúvidas que os professores não estão preparados para resolver e a gestão da sala de aula ao utilizar uma nova abordagem. Acredito que, se entendesse como o professor se comporta utilizando uma metodologia ativa, contribuiria para a formação de novos professores e ajudaria professores em exercício. Apareceu aí o

meu problema de pesquisa que era a investigação de como professores em formação inicial implementam tópicos de Mecânica Quântica para o ensino médio utilizando-se de uma metodologia ativa de aprendizagem.

O objetivo de investigação dessa pesquisa é então contribuir para a formação de futuros professores de física e apontar novos parâmetros para cursos de formação inicial e formação continuada. A proposta de implementação de tópicos de Física Quântica para os professores em formação inicial, bolsistas de iniciação da docência do subprojeto de física da USP-São Carlos, foi, nessa pesquisa, realizada por meio de um minicurso de 8 horas em que se utilizou uma metodologia ativa, o *peer instruction*. O minicurso foi estruturado em três temáticas: o experimento da dupla fenda, o interferômetro de Mach-Zehnder e o efeito fotoelétrico. Esse trabalho foi desenvolvido no período de um ano com alunos participantes do projeto PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) que estavam matriculados no curso de licenciatura de ciências exatas da Universidade de São Paulo- Campus São Carlos. As aulas do minicurso ministradas pelos alunos bolsistas foram estruturadas com base na metodologia das aulas invertidas (BERGMANN; SAMS, 2012) utilizando-se a instrução pelos colegas (MAZUR, 1997). Foram realizadas entrevistas e aplicados questionários, antes e após o minicurso, aos alunos participantes do projeto. O discurso e as interações discursivas de duas professoras em formação inicial foram analisados segundo as categorias propostas por (MORTIMER; SCOTT, 2003). Ao analisar os discursos dessas duas futuras professoras, verificou-se como professores em formação inicial implementam tópicos de Física Quântica no ensino médio, utilizando o *peer instruction*.

O texto dessa tese está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo é uma breve introdução ao tema com os objetivos e motivações que levaram a essa pesquisa.

O segundo capítulo é um levantamento bibliográfico de trabalhos publicados em periódicos específicos de ensino de física que investigam principalmente o ensino de Mecânica Quântica. Esses trabalhos foram classificados em quatro categorias: os trabalhos de revisão da literatura relacionados ao ensino de Física Quântica; os trabalhos que abordavam o interferômetro de Mach-Zehnder relacionados ao ensino de física; as pesquisas envolvendo o experimento da dupla fenda na área de ensino, a formação de professores em pesquisas relacionadas à Mecânica Quântica e as propostas didáticas nessa área de ensino. O objetivo dessa

revisão é o de traçar um panorama do ensino de Mecânica Quântica, com ênfase nos temas do experimento de dupla fenda e do interferômetro de Mach-Zehnder.

O terceiro capítulo é sobre a abordagem da aula invertida, utilizando o *peer instruction* que foi a metodologia usada na pesquisa.

O quarto capítulo aborda a descrição dos procedimentos metodológicos adotados para a elaboração do minicurso sobre tópicos de Física Quântica para o ensino médio. Esse capítulo também traz os mapas de atividades das aulas do minicurso e o detalhamento da coleta de dados.

O quinto capítulo traz a análise dos episódios de ensino das duas professoras em formação inicial juntamente com a análise dos dados das entrevistas e dos questionários respondidos por elas. Esse capítulo é estruturado da seguinte forma: o comportamento e o discurso da futura professora antes do minicurso; a análise das interações da futura professora durante a aplicação dos tópicos de Mecânica Quântica e o comportamento e discurso da futura professora após as aulas do minicurso, que se utilizou da metodologia do *peer instruction*.

O sexto capítulo contém as considerações finais da pesquisa com os resultados da análise das duas futuras professoras.

2 Revisão bibliográfica

2.1 A metodologia da revisão bibliográfica

O levantamento bibliográfico da literatura realizada nesse trabalho foi feito por meio de buscas por artigos científicos nos principais periódicos de Ensino de Física e Ciências do País e do mundo que, no ano de 2014, possuíam Qualis A1, A2 ou B1, todos com acesso eletrônico a partir da rede de computadores da USP. Para a busca, foram utilizadas palavras-chave como “Física Quântica” (ou *quantum physics*), interferômetro de Mach-Zehnder (ou *Mach-Zehnder interferometer*) e experimento da dupla fenda (ou *double slit experiment*) nos títulos, resumos das publicações. Essa escolha de trabalhos publicados em periódicos foi feita com o objetivo de selecionar trabalhos específicos de ensino de Física Quântica, o que envolveu o descarte de alguns trabalhos relacionados à temática de Mecânica Quântica que não tinham nenhuma abordagem de ensino. O levantamento não considerou trabalhos de assuntos de Física Moderna e Contemporânea como, por exemplo: relatividade; caminhos de Feynmann; partículas, raios cósmicos; dentre outros que não eram pertinentes a essa pesquisa. Outra categoria de trabalhos não classificados foi a de artigos relacionados à Física Quântica que discutiam apenas história e filosofia da ciência, sem nenhuma implicação para o ensino.

Os periódicos consultados em ordem alfabética foram: *American Journal of Physics*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação, *Ensenanza de Las Ciencias*, *International Journal of Science Education*, *Physics Education*, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista Ensaio, Revista Investigações no Ensino de Ciências e a *Science Education*. No Quadro 1, a seguir, constam o nome do periódico, o número e o ano de publicação de cada um dos trabalhos selecionados para análise.

Os trabalhos foram classificados em seis categorias, e essa classificação foi realizada da seguinte forma: a primeira categoria engloba trabalhos de revisão de literatura relacionados ao ensino de Física Quântica. As duas categorias seguintes tratam de trabalhos que se utilizam do interferômetro de Mach-Zehnder e/ou do experimento de dupla fenda para o ensino da Mecânica Quântica. Essas categorias

foram escolhidas, já que nesta pesquisa de doutorado esses dois experimentos virtuais foram utilizados como estratégia de ensino. Os que não tinham como tema principal o experimento da dupla fenda e o interferômetro de Mach-Zehnder e tratavam do ensino da Mecânica Quântica foram classificados em três outras categorias: formação de professores; concepções de estudantes sobre Física Quântica; e propostas didáticas de ensino de Física Quântica.

Periódico	Número de artigos selecionados	Ano de Publicação
<i>American Journal of Physics</i>	8	1999, 2000, 2002(2), 2008(2), 2011, 2012
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	6	1999, 2001, 2005, 2010, 2011, 2012
Ciência e Educação	5	2004, 2008, 2011, 2012(2)
<i>Ensenanza de Las Ciencias</i>	1	2013
<i>International Journal of Science Education</i>	5	1993, 1998, 2002, 2005, 2009
<i>Physics Education</i>	3	2000 (2), 2009
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1	2012
Revista Brasileira de Ensino de Física	3	2005, 2009, 2011
<i>Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias</i>	2	2009, 2013
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	3	2009 (3)
Revista Ensaio	1	2011
Revista Investigações no Ensino de Ciências	4	2001, 2002, 2005, 2009
<i>Science Education</i>	1	2003
Total	44	

Quadro 1- Artigos consultados por revista e ano de publicação

2.2. Descrição dos trabalhos

2.2.1 Os trabalhos de revisão da literatura relacionados ao ensino de Física Quântica

Os três trabalhos apresentados aqui são revisões bibliográficas já publicadas sobre o ensino de Mecânica Quântica, especificamente. Todos as pesquisas destacam que a maior parte dos trabalhos publicados na área de ensino de Física Quântica são sobre implementação de propostas didáticas (DA SILVA; ALMEIDA, 2011; GRECA; MOREIRA, 2001; PANTOJA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2010) e que há uma carência de trabalhos na área de formação de professores (DA SILVA; ALMEIDA, 2011; PEREIRA; OSTERMANN, 2009).

Greca e Moreira (2001) publicam em 2001 um trabalho com uma revisão de literatura referente ao ensino de conteúdos introdutórios de Mecânica Quântica. Os trabalhos revisados por eles das principais revistas de educação (ensino de física) do mundo foram classificados em três grupos:

- artigos sobre concepções dos estudantes a respeito de conteúdos de Mecânica Quântica;
- trabalhos com críticas aos cursos introdutórios de Mecânica Quântica; e
- estudos contendo propostas de novas estratégias didáticas (GRECA; MOREIRA, 2001, p.30).

Um dos resultados desse levantamento mostra que, até o ano de 2001, a maioria dos trabalhos na área de ensino de conteúdos introdutórios de Mecânica Quântica aparecem na categoria de estudos contendo propostas didáticas. Apesar de não ser uma revisão específica sobre o ensino de Mecânica Quântica, Pereira e Ostermann (2009) publicam, oito anos depois, uma revisão sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea realizada por meio da consulta de revistas da área de ensino correspondente aos anos de 2001 a 2006, em que analisam 102 artigos. Um ponto relevante dessa pesquisa mostra que, com relação ao período de 2001 a 2006, a maior parte dos temas de pesquisa sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea referem-se à Mecânica Quântica. O artigo também enfatiza que o número de pesquisas envolvendo professores em serviço ou em formação é muito

pequeno, apesar de ser um tema importante e tradicional na linha de pesquisa da área de ensino de ciências e pertinente a esse trabalho.

No ano seguinte, Pantoja, Moreira e Herscovitz (2010) publicam outra revisão da literatura com base em artigos de revistas brasileiras qualis A1, A2, B1 ou B2, referentes aos anos de 1999 a 2009, sobre o ensino de Mecânica Quântica especificamente. Este levantamento distribui os trabalhos nas seguintes categorias:

- estudo sobre concepções dos estudantes a respeito de conteúdos de Mecânica Quântica;
- análise curricular crítica aos cursos introdutórios de Mecânica Quântica;
- propostas didáticas; e
- implementação de propostas didáticas (PANTOJA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2010, p.4).

Os resultados da pesquisa apontam que o número de artigos em revistas brasileiras sobre o ensino de Mecânica Quântica é relativamente expressivo, apesar de ser menor que em revistas internacionais. A maioria dos artigos levantados são referentes à implementação de propostas didáticas, e o segundo maior número relativo ao estudo de concepções dos estudantes sobre Mecânica Quântica. Os autores apontam que houve um avanço quantitativo no que diz respeito à publicação de trabalhos sobre o ensino de Mecânica Quântica em revistas brasileiras (PANTOJA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2010).

Em 2011, Silva e Almeida (2011) publicam um trabalho de revisão bibliográfica de artigos científicos e artigos destinados a professores com foco em questões relacionadas ao ensino de Física Quântica no ensino médio. A pesquisa foi feita em periódicos da área de educação em ciências, dando ênfase ao Ensino de física. As categorias criadas para a classificação dos artigos foram:

- revisão da literatura sobre o ensino de Física Quântica e Física Moderna e Contemporânea;
- análise curricular;
- análise dos conteúdos em livros que abordam Física Quântica e Física Moderna e Contemporânea ;
- elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino;
- concepções de professores sobre o ensino de Física Quântica e Física Moderna e Contemporânea no ensino médio (SILVA; ALMEIDA, 2011, p.627).

Os resultados do trabalho mostram que a maior parte dos artigos são de propostas de ensino e/ou aplicação de propostas de ensino de Física Quântica. Os autores enfatizam a importância da realização de um número maior de estudos voltados para a compreensão do imaginário dos docentes de Física sobre o ensino de Quântica e sobre as dificuldades encontradas por esses professores.

2.2.2 O Interferômetro de Mach-Zehnder

Foram encontrados um total de treze trabalhos que utilizaram simuladores virtuais sobre o interferômetro de Mach-Zehnder, com destaque para o recurso didático do *software* livre do tipo “bancada virtual”, que simula o fenômeno da interferência quântica. Dentre os trabalhos encontrados, seis deles (OSTERMANN; PRADO; RICCI, 2008; OSTERMANN; PRADO, 2005; OSTERMANN; RICCI, 2005, 2004; OSTERMANN et al., 2009; PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2009b; PEREIRA et al., 2012) apresentam e explicam o simulador do tipo bancada virtual do interferômetro de Mach-Zehnder e as possibilidades que ele tem de utilização como ferramenta de aprendizagem. Todos os autores desses trabalhos afirmam que o simulador pode ser utilizado com os alunos ou com a formação e atualização de professores e sugerem que a sua utilização como ferramenta de aprendizagem facilita e aprimora o entendimento da parte conceitual da Física Quântica.

Ostermann, Prado e Ricci (2008) apresentam um trabalho sobre a evolução conceitual da Mecânica Quântica realizado por professores de ensino médio que cursavam mestrado profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O trabalho é sobre o entendimento do fenômeno da interferência quântica e foi acompanhado de aulas sobre o assunto e questionários. Segundo os autores, o estudo insere-se no âmbito de um projeto sobre Tópicos de Física Moderna e Contemporânea para a formação de professores e tem como resultados a elaboração de um questionário sobre os conceitos de Física Quântica, a construção e avaliação de uma unidade didática baseada em experimentos virtuais. Os experimentos virtuais utilizados foram: um simulador virtual relativo ao experimento da dupla fenda (MÜLLER; WIESNER, 2002) e outro do tipo “bancada virtual”, que simula o fenômeno da interferência quântica em um aparato denominado interferômetro de Mach-Zehnder. A análise das respostas ao questionário revelou dois fatos importantes: nenhum dos alunos mostrou domínio

satisfatório do fenômeno ondulatório para a luz e existe uma falta de compreensão sobre o fenômeno clássico do experimento da dupla fenda, o que é uma barreira para o ensino da Quântica. A partir das sínteses das questões e da análise das respostas dos alunos, os resultados apresentados na pesquisa evidenciam aspectos de uma evolução conceitual em tópicos introdutórios de Física Quântica, apesar de não ser uma pesquisa finalizada.

O trabalho de Ostermann e Prado (2005) apresenta o fenômeno da interferência quântica no interferômetro de Mach-Zehnder sob a luz das principais escolas de interpretação da Mecânica Quântica. Na pesquisa é dada ênfase à Interpretação dos Muitos Mundos ou Universos Paralelos, para a qual, além do mundo do qual somos conscientes, há muitos outros mundos similares que existem em paralelo no espaço e ao mesmo tempo. Os autores defendem que, na formação inicial e continuada de professores, é crucial que se busque uma abordagem mais conceitual e qualitativa da Mecânica Quântica, fundamentada na sua pluralidade de interpretações. Segundo os autores, o conceitual e o epistemológico estão completamente imbricados quando se pensa no processo de aprendizagem de Mecânica Quântica.

Ostermann e Ricci (2004) apresentam em seu trabalho uma unidade conceitual e um instrumento de avaliação implementados em uma disciplina de Física Moderna e Contemporânea de um mestrado profissional em ensino de física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A unidade conceitual utilizou a Ótica Ondulatória como porta de entrada para o mundo Quântico e se estruturou da seguinte maneira:

- aplicação de um pré-teste sobre noções básicas da Mecânica Quântica;
- introdução histórica sobre a gênese e a formulação da Física Quântica;
- discussão de conceitos básicos envolvidos na descrição clássica e na descrição quântica da natureza;
- atividades de baixo custo sobre interferência, inspiradas no trabalho de Cavalcante e Tavolaro (2001);
- atividades utilizando o simulador virtual do interferômetro de Mach-Zehnder;
- atividades utilizando o simulador do experimento de dupla fenda e o roteiro exploratório elaborado pelos autores; e
- discussões de listas de questões sobre o assunto.

O instrumento de avaliação reunia três partes: seis questões abertas, questões objetivas retiradas de exames de vestibular; artigos de pesquisa em ensino de física e um questionário usando escala *Likert*. Os autores destacam que esse é um dos poucos trabalhos sobre a concepção dos professores sobre a Mecânica Quântica. Os resultados apontam que professores apresentam lacunas em relação a aspectos conceituais da Quântica; que houve mudança nas concepções prévias dos professores que participaram da unidade conceitual e que essas mudanças não ocorreram ao acaso, mas como consequência da abordagem do trabalho. Ostermann e Ricci (2005) apresentam outros resultados de aplicação dessa mesma unidade que tem o foco na discussão conceitual. Os autores utilizam os simuladores virtuais e roteiros exploratórios sobre o Mach-Zehnder e o experimento da dupla fenda com alunos da graduação e da pós-graduação. Os resultados apontam que, com o desenvolvimento da unidade conceitual, centrada no uso dos *softwares* desenvolvidos para a utilização na disciplina, foi possível promover mudanças nas concepções dos futuros professores, principalmente as que se referem às diferenças entre objetos clássicos e quânticos.

O trabalho de Ostermann *et al.* (2009) tem por objetivo apresentar os fundamentos que sustentam o interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ), e as possibilidades oferecidas como recurso didático para a introdução do conceito de dualidade onda-partícula e da interpretação probabilística da Física Quântica. Os autores defendem que a dualidade onda-partícula deve ser o conceito central na introdução da Física Quântica no ensino médio e propõem a ótica ondulatória como “porta de entrada” para o mundo quântico. O trabalho apresenta o recurso didático do *software* livre do tipo “bancada virtual”, que simula o fenômeno da interferência quântica em um aparato denominado de interferômetro de Mach-Zehnder. Os autores apontam que esse interferômetro é uma releitura mais didática e moderna da dupla fenda e que o fato de o interferômetro ter sido utilizado em artigos técnicos de computação e criptografia quânticas favorece a sua adoção para o ensino de Física Quântica.

Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009b) apresentam o interferômetro virtual de Mach-Zehnder na forma de um simulador virtual como ferramenta didática desenvolvida pelos autores. O simulador computacional foi apresentado inicialmente a professores em formação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e os diálogos estabelecidos na utilização dessa ferramenta foram gravados. Os

resultados do trabalho sugerem que essa experiência foi muito importante e positiva na educação desses futuros professores. Foi possível, por meio do simulador, contextualizar vários conceitos e princípios da Mecânica Quântica como: o conceito de fóton, densidade de probabilidade e interferência quântica. Dessa forma, os autores concluem que o interferômetro de Mach-Zehnder tornou-se uma poderosa ferramenta, não apenas pela motivação dada para o estudo de Mecânica Quântica, mas também por facilitar e melhorar o entendimento do fenômeno quântico.

O trabalho de Pereira *et al.* (2012) é dirigido a estudantes de ensino superior e professores do ensino médio e apresenta uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da Mecânica Quântica. Os conceitos de estado, autoestados, observáveis, superposição, projeção e probabilidade são apresentados no artigo por meio da simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder e têm como objetivo contornar as dificuldades matemáticas pertinentes a esse assunto. O trabalho apresenta uma abordagem educacional para o ensino da Física Quântica, em que diversas aplicações das ideias quânticas foram ilustradas por meio da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. Os autores sugerem que a abordagem utilizada no trabalho pode contribuir para a transposição didática para as salas de aula do ensino médio. Dessa forma, os alunos poderiam experimentar um primeiro encontro com a Física Quântica, sem o uso intenso do formalismo matemático.

O trabalho de Singh (2008a) também utiliza-se de um simulador virtual, mas apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um tutorial interativo de Mecânica Quântica para ser utilizado com o simulador, que foi aprimorado por Zhu e Singh (2011) e aplicado ao experimento de Stern-Gerlach. Os tutoriais interativos de aprendizagem em Mecânica Quântica são dirigidos para cursos de graduação e são baseados nas dificuldades dos alunos na aprendizagem da Física Quântica. Eles desejam conectar o formalismo do conteúdo da Quântica com o entendimento necessário para explicar e prever a diversidade de fenômenos quânticos. Singh (2008a) acredita que executar tutoriais em grupo é um caminho eficaz de aprendizagem, já que os estudantes têm oportunidade de formular e articular os pensamentos, fornecendo uma solidificação dos conceitos quando se beneficiam do conhecimento de outros colegas. Os autores consideram que os tutoriais podem ser usados tanto como ferramenta de aprendizagem para estudantes universitários quanto para suplementos para palestras ou como ferramentas de autoestudo.

O único trabalho que apresenta uma alternativa ao simulador, uma animação, é o de Betz, Lima e Mussato (2009). Nesse trabalho, os autores defendem que a animação distingue-se do simulador frequentemente utilizado nas pesquisas de ensino por ter um caráter mais didático, já que permite visualização de uma interpretação específica, e possibilita integrar orientações e explicações, não dando ao usuário a impressão de estar em um laboratório. A animação utilizada sobre o interferômetro de Mach-Zehnder é chamada pelos autores de objeto de aprendizagem e foi usada em uma aula presencial de introdução à Física Quântica na Licenciatura de Física da UFRGS. Nessa pesquisa também foi aplicado um questionário com o objetivo de obter opiniões dos alunos sobre o uso do objeto de aprendizagem.

Os trabalhos de (PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2009b, 2011, 2012a; SOUZA; SASSERON, 2012) descritos a seguir se utilizam do simulador do tipo bancada virtual e optam também por analisar as interações discursivas, que ocorreram no uso do simulador pelos alunos, futuros professores e professores. Todos esses trabalhos destacam e valorizam a participação dos alunos em atividades em grupos, tendo o simulador como facilitador dos processos de aprendizagem e construção de novos significados.

Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009a) apresentam uma análise das interações discursivas de nove estudantes do curso de licenciatura em física em uma atividade didática mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. O objetivo do trabalho é analisar as tensões nos enunciados dos alunos e avaliar em que medida os significados em Física Quântica são criados e desenvolvidos no contexto da sala de aula por meio do uso da linguagem e de instrumentos semióticos. A análise apresentada no presente trabalho levou em conta os seguintes aspectos: (1) o uso da fala como mediadora da ação dos alunos; (2) o nível de colaboração dos alunos com parceiros mais capazes; (3) a criação, ou não, da zona de desenvolvimento proximal; (4) o uso da língua como expressão das relações e lutas sociais; (5) as réplicas aos enunciados e os processos de compreensão; (6) o uso de gêneros discursivos e ventriloquação; (7) a abordagem comunicativa dos enunciados. Os resultados da análise mostram que: (a) em atividades colaborativas com outros colegas, um dos alunos sempre assume a função do parceiro mais capaz; (b) as ações explicativas dos parceiros mais capazes geralmente contêm traços de fala egocêntrica; (c) alguns debates entre os alunos são marcados por um

processo análogo ao fenômeno da cognição socialmente distribuída; (d) alguns enunciados constituem gêneros do discurso de situações típicas de instrução de Física Quântica; (e) as ações mediadas pelo uso do interferômetro virtual atuaram, na maior parte das vezes, na zona de desenvolvimento proximal, viabilizando a construção e a negociação de novos significados. Os autores consideram que o interferômetro de Mach-Zehnder se mostrou uma ferramenta cultural extremamente poderosa, tanto em termos de motivação para o estudo da Física Quântica, quanto no que diz respeito à facilitação dos processos de compreensão e construção de significados aceitos cientificamente.

Outro trabalho de Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2011) apresenta um estudo sobre a fala privada em uma tarefa conduzida por um grupo de licenciados em física e mediada pelo interferômetro virtual de Mach-Zehnder. A pesquisa foi realizada com 11 estudantes da licenciatura em um período de quatro horas-aula, em que eles manipulavam o interferômetro virtual utilizando um roteiro para as atividades. Os resultados apontam a relevância das atividades colaborativas no âmbito da pesquisa em Educação em Ciências, destacando as atividades em grupo que possibilitam a análise de funções intrapsicológicas, que se manifestam no indivíduo sob a forma de fala interior psicológica (fala privada).

Pereira, Ostermann e Cavalcanti, no ano de 2012, apresentam um estudo empírico sobre o fenômeno de distribuição social da mente, a partir de uma atividade didática aplicada no curso de licenciatura em física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que utiliza o interferômetro de Mach-Zehnder. Segundo os autores, o objetivo da pesquisa é descrever os processos interpsicológicos usados por um grupo de futuros professores de física ao realizar uma tarefa envolvendo conceitos de Física Quântica. Durante a realização da atividade, um pequeno roteiro produzido pelos autores foi utilizado para guiar os alunos. Os resultados mostram a importância de atividades em grupo em salas de aula de ciências e apontam que as interações de vozes presentes nas atividades possibilitam a construção de novos significados vinculados à noção de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky.

Souza e Sasseron (2012) propõem 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 em uma sequência didática de Mecânica Quântica.

O objetivo da sequência era verificar o desenvolvimento de processos argumentativos dos alunos a respeito do conceito de fóton. A análise foi realizada diante das observações feitas quando do uso, em aula, do interferômetro de Mach-Zehnder virtual e real. Os resultados apontam a relação direta entre o padrão discursivo do professor e o desenvolvimento de habilidades científicas relevantes a um ensino que vise à alfabetização científica.

O último trabalho dessa categoria, o de Silva Neto, Ostermann e Prado (2011), também utiliza o interferômetro de Mach-Zehnder virtual, mas com uma proposta diferente. Esses autores apresentam a aplicação de uma proposta de introdução de tópicos de Física Quântica a estudantes de um curso técnico em radiologia médica, que utilizam o *software* tipo bancada virtual simulando o interferômetro de Mach-Zehnder. O *software*, segundo os autores, permite explicitar o conceito central da dualidade onda-partícula e permite analogias diretas com a ótica ondulatória quando utilizado no regime clássico. O objetivo do uso do *software* era modificar ou aperfeiçoar a visão dos alunos sobre as radiações. O simulador foi utilizado em atividades de grupo juntamente com aulas expositivas e debates acerca dos temas abordados, com base em textos de jornais e/ou internet. Os autores consideram que a utilização do interferômetro de Mach-Zehnder possibilitou uma representação visual de grande fidelidade aos fenômenos, proporcionando uma abordagem mais conceitual e qualitativa da Física Quântica. Outro resultado positivo apontado pela pesquisa é em relação à abordagem participativa dos alunos, o que possibilitou a construção de hipóteses e a mobilização de saberes, tornando-os mais autônomos na tomada de decisões.

2.2.3 O Experimento da dupla fenda

O experimento da dupla fenda é considerado um experimento crucial na Mecânica Quântica (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 1969) e alguns trabalhos na área de ensino utilizam um simulador virtual desenvolvido por Muller e Wiesner (2002) para tratar didaticamente esse fenômeno. O trabalho de Muller e Wiesner (2002) apresenta os dois simuladores virtuais de bancada (dupla fenda e interferômetro de Mach-Zehnder) utilizados na maior parte dos trabalhos voltados para a área de ensino mencionados nessa revisão. Os simuladores são apresentados na pesquisa de Muller e Wiesner (2002) inseridos em um curso

dirigido ao público em geral, que foi elaborado baseando-se em pesquisas sobre a Mecânica Quântica. O curso proposto pelos autores prioriza o ensino de Física Quântica conceitual em um nível introdutório. A proposta evita os equívocos da mecânica clássica e auxilia os alunos na construção de um entendimento sólido dos princípios básicos da Física Quântica. Os assuntos escolhidos para o curso foram: efeito fotoelétrico; interferômetro de Mach-Zehnder; interpretação probabilística; difração de elétrons; experimento de dupla fenda; e o princípio de incerteza. Os resultados da pesquisa apontam que os alunos aprenderam esses conceitos abordados no curso com sucesso, apesar de apresentarem grandes dificuldades conceituais do assunto.

Os trabalhos de Ostermann, Prado e Ricci (2008), Ostermann e Ricci (2005), Ostermann e Ricci (2004) e Otero, Fanaro e Arlego (2009) se utilizam do simulador gratuito de bancada virtual "Doppelspalt" para tratar didaticamente o experimento da dupla fenda.

Por apresentar atividades do simulador da dupla fenda juntamente com o simulador virtual do interferômetro de Mach-Zehnder, os trabalhos de Ostermann, Prado e Ricci (2008), Ostermann e Ricci (2005), Ostermann e Ricci (2004) foram descritos no tópico anterior sobre o interferômetro de Mach-Zehnder.

O único trabalho que não se utiliza do simulador da dupla fenda juntamente com o simulador de Mach-Zehnder é o de Otero, Fanaro e Arlego (2009). A pesquisa de Otero, Fanaro e Arlego (2009) apresenta uma sequência de ensino destinada ao ensino médio com conceitos fundamentais de Mecânica Quântica, denominada ECR (Estrutura Conceitual de Referência). A ECR é um conjunto de conceitos e suas relações, princípios, afirmações e explicações relativas a um determinado campo conceitual reconstruídos por um investigador, em conformidade com o conhecimento produzido pela comunidade científica de referência. Foi utilizado nesse trabalho o experimento da dupla fenda; primeiramente os alunos tiveram de imaginar os resultados do experimento quando são utilizadas partículas como bolas. Posteriormente, propôs-se usar o *software* "Doppelspalt" e então os alunos compararam as suas previsões com os resultados da simulação. Em seguida, foi proposto aos estudantes selecionar elétrons em vez de bolas e comparar as previsões com os resultados do simulador. O trabalho demonstrou a viabilidade desta sequência para certos aspectos fundamentais da Mecânica Quântica no último ano da escola secundária e ainda se encontra em desenvolvimento. O fato de que

os alunos puderam completar a sequência e aceitar os desafios, o que segundo os autores, são indicadores da viabilidade da sequência.

O trabalho de Ambrose *et al.* (1999), apesar de não utilizar o simulador virtual, é uma investigação a respeito da concepção dos estudantes sobre a difração da luz por uma fenda única e por uma fenda dupla com implicações para o ensino de Física Quântica. Os autores investigam a capacidade dos estudantes iniciantes e avançados de utilizar modelos corretos para descrever o fenômeno. Durante a realização da pesquisa, foi observado que alunos de cursos avançados têm concepções erradas sobre fótons. O trabalho foi feito com estudantes na Universidade de Washington de cursos introdutórios, após a realização da disciplina de Física Moderna introdutória; com estudantes do bacharelado, após disciplinas de Mecânica Quântica e com alunos assistentes de pós-graduação. Algumas concepções incorretas em relação ao conceito de fóton são mostradas a seguir:

- fótons movem-se ao longo de caminhos retos que fazem uma curva próximo às fendas;
- fótons movem-se ao longo de caminhos senoidais;
- dois ou mais fótons são necessários para que ocorra a difração ou interferência.

Uma das conclusões desse trabalho é que, mesmo sendo apresentados aos estudantes pelo menos dois diferentes modelos conceituais da natureza e comportamento da luz, eles não são capazes de reconhecer em quais condições cada um deve ser aplicado. Os autores acreditam que esse estudo deve ter claras implicações não somente para o ensino da ótica em cursos introdutórios, mas também para redirecionar os esforços de cursos introdutórios de Física Quântica. Descobriu-se que, depois da instrução tradicional, muitos estudantes não são capazes de aplicar o modelo ondulatório para descrever a difração e a interferência da luz por uma fenda simples ou dupla; o que é uma condição necessária para entender a natureza ondulatória da matéria.

2.2.4 Formação de professores

É pequena a quantidade de trabalhos dirigidos à formação de professores com enfoque no ensino de Física Quântica ou que investiguem a atuação de

professores em contextos de inovação curricular no ensino médio ou ensino superior. Os quatro trabalhos apresentados nessa categoria são:

- uma proposta de oficina sobre Física Moderna para professores (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001);
- uma investigação da relação da formação do professor e a influência na introdução da Física Moderna no ensino médio (MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2013);
- uma pesquisa sobre as concepções de futuros professores acerca da dualidade onda-partícula (PEREIRA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2009);
- um estudo sobre como os textos explicativos sobre Mecânica Quântica são usados por futuros professores em uma atividade de resolução de problemas (PEREIRA; OSTERMANN, 2012).

Cavalcante e Tavolaro (2001) apresentam uma proposta de oficina de Física Moderna para professores, em que mostram e executam experimentos com materiais de baixo custo. Os objetivos dessa oficina são: permitir, por meio de uma metodologia adequada, a execução de uma série de experiências que buscam atender uma melhor compreensão dos fenômenos da interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação; e mostrar o nascimento da Mecânica Quântica e a sua importância na mudança de concepção de mundo e de postura diante da vida do homem moderno.

Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2013) realizam uma investigação de natureza qualitativa em que interpretam os discursos de dez professores de física da educação básica, com o objetivo de avaliar em que medida as suas formações iniciais em relação à Física Moderna e Contemporânea estão pautadas em racionalidades que se harmonizem com ações comunicativas e dialógicas, de acordo com Jurgen Harbermas e Paulo Freire, respectivamente. As entrevistas abordaram as convicções dos professores sobre o ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, os aspectos das suas atuações nas escolas assim como os processos formativos aos quais foram submetidos. Os autores avaliaram que a impossibilidade de introduzir a Física Moderna e Contemporânea na educação básica relatada pelos dez professores entrevistados é reflexo principalmente da perspectiva formativa a que foram submetidos, aulas conteudistas sem nenhuma reflexão sobre ensino. Os autores recomendam que os professores de Física, durante os processos formativos básicos, tenham a oportunidade de

conhecer tanto os aspectos epistemológicos e ontológicos da Física Moderna e Contemporânea bem como vários outros que têm definido a sua construção, como também as implicações desta física em várias outras áreas. A conclusão sobre a pesquisa é a de que, para a Física Moderna e Contemporânea ser introduzida na educação básica, o seu ensino na formação do professor não poderá resumir-se apenas à aprendizagem dos conteúdos; faz-se necessário que se desenvolvam metodologias de ensino, como também sejam apresentadas sugestões e orientações didáticas, visando a que os futuros professores construam autonomia para trabalharem a mencionada Física, contemplando, principalmente, necessidades emergentes deste contexto.

Pereira, Cavalcanti e Ostermann (2009) apresentam os resultados de uma investigação sobre as concepções de futuros professores de física acerca da dualidade onda-partícula. Para isso, foi aplicado a dezesseis futuros professores de licenciatura em física um questionário com questões objetivas, elaborado pelos autores, envolvendo o efeito fotoelétrico, o experimento de dupla fenda e o interferômetro de Mach-Zehnder. Os resultados do questionário apontam que: para os estudantes (futuros professores), os elétrons e os fótons se comportam de maneira diferente no experimento de dupla fenda; a maior parte dos estudantes mostrou ter extrema dificuldade em avaliar o comportamento do fóton na presença de um detector de “não-demolição”; e que muitos dos futuros professores não conseguem reconhecer com clareza quais são as situações em que o fenômeno é essencialmente corpuscular ou tipicamente ondulatório.

Pereira e Ostermann (2012) apresentam um estudo sobre o papel da mediação textual no ensino de ciências. O objetivo do trabalho é analisar como textos explicativos de Mecânica Quântica são usados ou consumidos por um grupo de licenciados em física em uma atividade de resolução de problemas. A metodologia adotada no estudo consiste na análise do discurso do grupo de licenciados em física, verificando como esses estudantes utilizam recursos textuais para moldar suas explicações. O objetivo é analisar o modo como “recursos textuais” disponíveis nesse contexto institucional moldam as explicações de futuros professores de física sobre Mecânica Quântica. Os resultados da análise mostraram que os recursos textuais empregados pelos estudantes oferecem sérias restrições à formulação de uma resposta adequada ao problema proposto pelo professor (que consistiu de uma questão conceitual e outra com formalismo matemático). Essas

restrições, segundo os autores, parecem estar relacionadas aos múltiplos objetivos associados à tarefa em questão e em sua maioria são as dificuldades em diferenciar a visão de mundo clássica e quântica.

2.2.5 Concepções dos estudantes sobre Física Quântica

Essa categoria de trabalhos investiga dificuldades e concepções alternativas de estudantes a respeito da Física Quântica. As pesquisas apontam que as dificuldades dos estudantes em aprender Física Quântica são de origem conceitual e qualitativa (KE; MONK; DUSCHL, 2005; MONTENEGRO; PESSOA JR., 2002; SINGH, 2008b) e que é necessário, para aprender Quântica, compreender os conceitos pertinentes a esse assunto (CATALOGLU; ROBINETT, 2002; IRESO, 2000; SINARCAS; SOLBES, 2013; VOKOS; SHAFFER, 2000).

O trabalho de Ireson (2000) apresenta uma investigação sobre as dificuldades dos estudantes em Física Quântica na Inglaterra. O estudo foi feito recolhendo dados antes e após um curso obrigatório na graduação de física que inclui fenômenos quânticos. Este estudo mostra que alguns alunos não podem ser considerados como tendo uma interpretação quântica e que muitos estudantes ainda se utilizam de interpretações clássicas para entender a Quântica. Os resultados da pesquisa recomendam que: não se deve utilizar referências clássicas para ensinar Física Quântica; e que desenvolvedores de cursos, examinadores e autores de livros didáticos precisam verificar as pesquisas disponíveis para planejar uma sequência de instrução que permita ao aluno contruir uma estrutura conceitual para um assunto que é, muitas vezes, contra intuitivo para o senso comum .

A pesquisa de Ke, Monk e Duschl (2005) avalia os modelos mentais dos estudantes taiwaneses em relação a um fenômeno quântico (características subatômicas que podem ser explicadas pela Física Quântica). O trabalho tem dois estágios, inicialmente foi aplicado um questionário para os alunos a fim de identificar concepções alternativas, posteriormente foi realizada uma entrevista que perguntava ao aluno sobre as respostas dadas ao questionário. Os autores categorizaram as respostas dos estudantes e as comparam ao desenvolvimento histórico da Mecânica Quântica, classificando as respostas como: velha mecânica quântica, transição para a mecânica ondulatória e mecânica ondulatória probabilística. Uma conclusão do estudo apontou que há variação nas ideias dos estudantes, essas não progridem de

uma maneira ordenada e que eles têm ideias conceituais conflitantes ao mesmo tempo.

O trabalho de Sinarcas e Solbes (2013) tem a proposta de investigar as dificuldades que os estudantes da escola secundária apresentam na compreensão dos aspectos básicos da Física Quântica e quais as principais lacunas existentes no ensino de Física Quântica que dificultam a compreensão desses alunos. Para isso, os autores estabeleceram um conjunto de objetivos de aprendizagem juntamente com as dificuldades que seriam enfrentadas para alcançar esses objetivos. Os autores analisaram no trabalho o entendimento dos alunos e as dificuldades enfrentadas por esses estudantes, por professores e analisaram lacunas presentes em livros didáticos em relação à Mecânica Quântica. Os resultados apontam várias dificuldades dos alunos e professores, com destaque:

- Nenhum dos alunos considera elétrons, prótons, nêutrons, fótons, etc. como objetos diferentes dos modelos clássicos de partícula e onda. Este padrão se repete nos professores e textos didáticos.
- Apenas 9% dos estudantes são capazes de apontar duas diferenças corretas entre a Física Clássica e a Física Quântica.
- Apenas 10,3% dos estudantes são capazes de dar três exemplos de implicações tecnológicas da Física Quântica e nenhum consegue dar uma implicação social. Esta limitação é também encontrada em livros e professores.

Os autores sugerem começar os estudos da Física Quântica em nível conceitual com problemas que vieram da Física Clássica; insistir na quantização de energia, momento angular e caráter dual do fóton e recomendam fazer um resumo das diferenças mais notáveis entre a Física Clássica e a Quântica para mostrar os limites de validade da Física Clássica.

Olsen (2002) apresenta uma pesquisa que examina como alunos do ensino médio da Noruega entendem o conceito da dualidade onda-partícula. Foi aplicado um teste (duas questões objetivas e uma questão aberta) aos estudantes que mostraram que elétrons são partículas, enquanto a luz apresenta natureza dual. As concepções dos alunos levantadas no trabalho revelam que: elétrons são partículas, mas possuem algumas propriedades ondulatórias; elétrons são partículas que se movem como ondas; luz são partículas que se movem como ondas e luz são ondas.

O artigo de Vokos e Schaffer (2000) apresenta uma investigação da compreensão de estudantes sobre a natureza ondulatória da matéria. O objetivo é identificar e analisar as dificuldades encontradas por universitários de cursos introdutórios e avançados em representar o padrão produzido pela difração e interferência de partículas. Os autores identificaram na pesquisa algumas incompreensões dos alunos como: a inability em interpretar difração e interferência em termos de um modelo ondulatório e a falta de entendimento do comprimento de onda de *de Broglie* na interferência e difração de partículas. Para auxiliar os estudantes a superar esses obstáculos, a pesquisa apresenta um tutorial, que teve o objetivo de engajar os estudantes ativamente no processo de aprendizagem. A ênfase do tutorial é construir conceitos, desenvolver habilidades de raciocínio e relacionar o formalismo da física a fenômenos do mundo real em atividades colaborativas em grupo. Os resultados da pesquisa apontam que uma abordagem instrucional eficaz requer dos estudantes desenvolvimento de raciocínio necessário para a aplicação de conceitos importantes e, para atingir esse objetivo, os autores acreditam que os tutoriais são uma boa opção.

A pesquisa de Singh (2008b) investiga o entendimento dos estudantes sobre Mecânica Quântica no início do curso de graduação. O trabalho apresenta um exame escrito com questões estritamente qualitativas, esse é destinado a estudantes universitários, que estavam envolvidos em cursos de Mecânica Quântica. O exame foi aplicado a estudantes de sete universidades diferentes nos Estados Unidos. Também foram aplicadas simultaneamente entrevistas em que os alunos respondiam a um questionário oralmente, expressando suas opiniões sobre cada questão. Os resultados indicaram que as dificuldades sobre Mecânica Quântica são de origem qualitativa. Os autores acreditam que o trabalho pode contribuir para construir um currículo para o ensino de Quântica no ensino superior.

Montenegro e Pessoa Jr. (2002) apresentam um estudo das “interpretações” que os alunos adotam quando estudam Mecânica Quântica. O trabalho investiga as representações e interpretações privadas que os alunos desenvolvem durante a disciplina de Mecânica Quântica na graduação, por meio de questionários e entrevistas. O conteúdo dos questionários analisou concepções dos alunos sobre o experimento da dupla fenda, princípio de incerteza, estado quântico, retrodição e postulado da projeção. Os autores chegaram a algumas conclusões:

- o conhecimento que um aluno tem de uma área de Física não é perfeitamente integrado em sua mente;
- há uma diferença grande entre defender explicitamente ou oficialmente uma interpretação e utilizá-la implicitamente ou privadamente para compreender um problema de Física Quântica. Esta discrepância revela que a questão das interpretações da teoria não é bem trabalhada nos cursos usuais de Mecânica Quântica;
- algumas palavras como “dualidade” ou “probabilidade” invocam um conceito muito forte na mente do aluno, fazendo-o desprezar os *scripts* interpretativos que utilizaria para responder a uma pergunta de múltipla escolha;
- o experimento paradigmático é o da dupla fenda para elétrons individuais. Apesar disso, aproximadamente metade dos alunos responderam erroneamente às questões envolvendo este ponto. Isso confirma o sentimento de que os cursos de Mecânica Quântica são excessivamente voltados para cálculos, dando pouca ênfase ao esclarecimento conceitual do assunto;
- os alunos sentem a necessidade de “imaginar” o mundo físico no nível quântico. Os elétrons são vistos como “bolinhas”, embora possam estar “dissolvidos na eletrosfera”. Estas visões podem ser consistentes com visões realistas, mas afrontam a interpretação oficial ortodoxa, notoriamente positivista, que em geral também é aceita pelos alunos.

Os trabalhos Cataloglu e Robinett (2002) e Wuttirom *et al.* (2009) apresentam dois instrumentos de avaliação, um exame conceitual e um conjunto de testes, respectivamente, aplicados a estudantes com o objetivo de verificar o entendimento da parte conceitual da Quântica. O objetivo do trabalho de Wuttirom *et al.* (2009) é construir um exame conceitual de múltipla escolha para investigar o entendimento dos estudantes sobre os conceitos básicos de Física Quântica. O questionário chamado de Exame Conceitual de Física Quântica é composto de questões com respostas únicas, questões que dependiam da interpretação da Mecânica Quântica e questões que não dependiam de interpretação, eram apenas soluções de algoritmos. Os temas escolhidos para compor o exame são: efeito fotoelétrico; dualidade onda-partícula; comprimento de onda de de Broglie; interferência de dupla fenda e princípio de incerteza. Os resultados apontam que as notas dos exames

criaram significativamente comparando antes e depois das aulas de Mecânica Quântica; os estudantes que acertam questões que não demandavam interpretação não necessariamente se saem bem em questões interpretativas; e que muito poucos estudantes que respondem corretamente a questões conceituais tem notas baixas em questões que não dependem de interpretação. Outro ponto importante apontado por essa pesquisa é que aulas tradicionais de Física Quântica que exigem nível de compreensão mais elevado não aumentam o entendimento conceitual de conceitos introdutórios. Cataloglu e Robinett (2002) apresentam um instrumento designado a testar o entendimento conceitual da Mecânica Quântica, chamado de Instrumento de Visualização em Mecânica Quântica. O instrumento consiste em um conjunto de testes que foi aplicado a estudantes de Física de variados níveis escolares, apresentando 25 questões de múltipla escolha contendo visualizações gráficas. Além de responder às questões, o aluno também assinalava como se sentia em relação à resposta escolhida: muito certo; um pouco certo; um pouco incerto; ou muito incerto. Os resultados mostravam diferenças claras no entendimento entre os estudantes de graduação e pós-graduação quanto à parte conceitual da Mecânica Quântica, segundo os autores. Outro resultado apontado é que materiais instrucionais preparados com foco no entendimento conceitual aumentam as competências dos alunos em relação à aprendizagem de Física Quântica.

2.2.6 Propostas Didáticas de Ensino de Física Quântica

As propostas didáticas apresentadas nessa categoria têm dois trabalhos pioneiros da década de 90 (GIL; SOLBES, 1993; PINTO; ZANETIC, 1999) que apontam para a inserção da Física Moderna e Física Quântica, respectivamente, no ensino médio. Apesar de o trabalho de Gil e Solbes (1993) ser uma pesquisa sobre a introdução da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e não abordar especificamente a Física Quântica, que é o objeto dessa revisão, este foi um trabalho incluído. Os motivos que levaram a essa inclusão são o pioneirismo dessa pesquisa (década de 90) e os resultados apontados pelos autores dos motivos do insucesso da introdução da Física Moderna no ensino médio, que são pertinentes até a realidade atual. Outro ponto de destaque nessa pesquisa é a abordagem utilizada por Gil e Solbes para o ensino da Física Moderna. Os autores sugerem uma abordagem que substitua o ensino tradicional ou a orientação de aprendizagem

com ênfase na simples transmissão e recepção de conhecimento para uma abordagem curricular que envolva os alunos em atividades e os exponha a situações problemáticas, em que o conhecimento pode ser reconstruído por eles. Essa proposta de modificação da metodologia de ensino da Mecânica Quântica também é objeto dessa pesquisa. Gil e Solbes (1993) tentam mostrar nesse trabalho que a Física Moderna é geralmente introduzida nos currículos de ensino médio sem referência às dificuldades da física clássica, o que dá origem a sérios equívocos por parte dos estudantes. Os resultados dessa abordagem baseada em uma visão construtivista da aprendizagem de ciências apontam que:

- professores do ensino médio e livros didáticos transmitem uma imagem errada da ciência, ignoram a existência de crises e mudanças de paradigma. A introdução de tópicos de Física Moderna, em particular, inicia sem referência à sua essência ou sem atenção para as principais diferenças entre o clássico e o novo paradigma;
- os alunos, devido a essa orientação deficiente, desenvolvem uma visão confusa da evolução do conhecimento científico e apresentam dificuldades em tópicos de Física Moderna;
- as dificuldades de entendimento dos estudantes em relação a Física Moderna não são devido à dificuldade do assunto, mas principalmente devido a orientações de ensino incorretas;
- é relativamente fácil de dar uma visão mais correta da física - e particularmente de Física Moderna, se for adotada uma abordagem construtivista, em que os programas de atividades usados visem produzir nos alunos uma mudança conceitual semelhante à mudança histórica de paradigma.

O trabalho de Pinto e Zanetic (1999) apresenta uma experiência educacional (minicurso) desenvolvida em uma escola pública de São Paulo com o intuito de investigar a possibilidade de inserção de tópicos de Física Quântica no ensino médio, analisando a utilização de diferentes interpretações da História e Filosofia da ciência como estratégia de ensino. Para a realização do trabalho, foi esboçado o perfil epistemológico dos alunos, segundo Gaston Bachelard, o que permitiu apresentar aos estudantes um referencial histórico e filosófico como suporte para as novas concepções da natureza da luz, trabalhando o conflito conceitual entre as concepções espontâneas e as diversas interpretações do formalismo presente nas

Físicas Clássica e Moderna. O minicurso foi avaliado por meio de testes que esboçaram o perfil epistemológico dos alunos; de atividades culturais de divulgação científica apresentadas pelos estudantes em uma feira; e de relatórios feitos pelos estudantes com críticas e comentários sobre o curso. Segundo os autores, essa experiência buscou principalmente aproximar o conhecimento da Física Moderna dos alunos do ensino médio, resgatando o interesse do estudo da física para um grande número de estudantes.

Os trabalhos de Hadzidaki, Kalkanis e Stavrou (2000), Michelini *et al.* (2000) e Brockington e Pietrocola (2005) apresentam três propostas didáticas para o ensino da Física Quântica diferentes entre si: o primeiro trabalho faz uma abordagem epistemológica para o ensino de Quântica; o segundo, apresenta uma estratégia didática para o ensino do princípio de superposição e o terceiro, mostra uma proposta curricular do ponto de vista da transposição didática.

Hadzidaki, Kalkanis e Stavrou (2000) apresentam uma abordagem epistemológica para o ensino Mecânica Quântica, em que pretendem mostrar o uso de estratégias para ajudar a superar as dificuldades inerentes ao assunto. O objetivo da pesquisa é saber se existe uma estratégia de ensino que pode levar os alunos, que não têm base matemática suficiente, a atingir uma abordagem qualitativa da Mecânica Quântica. O modelo de instrução proposto pelos autores é caracterizado pela mistura de dois paradigmas rivais (um da Mecânica Clássica e outro da Mecânica Quântica). Com essa mistura, o objetivo é que os dois modelos teóricos justapostos criem nos estudantes uma crise conceitual, revelando as diferenças conceituais entre a Física Clássica e Quântica. Os autores destacam que a experiência adquirida durante a evolução de todo o projeto os faz acreditar que uma instrução com o objetivo de trazer uma abordagem qualitativa para a Física Quântica exige um processo de pesquisa multidimensional.

Michelini *et al.* (2000) apresentam uma estratégia didática utilizando-se da formulação de Dirac para introduzir o princípio de superposição na escola secundária. A fenomenologia relacionada com a interação entre dois fótons linearmente polarizados com cristais birrefringentes e polaroides permite reconhecer facilmente que um estado físico é convenientemente representado por um vetor no espaço abstrato. Esse aparato permite introduzir algumas ideias de grande validade, como o conceito de amplitude, o significado de ortogonalidade entre estados físicos e a descrição quântica do procedimento de medida. Cada etapa em sala de aula é

acompanhada de aplicações de questões fechadas sobre os experimentos e algumas questões abertas, em que os estudantes apresentam as próprias hipóteses e conclusões parciais. Os resultados apontam que a fenomenologia afeta fortemente a fase de conceituação do aluno, e a representação iconográfica ajuda na elaboração de conceitos e exploração de ideias.

O artigo de Brockington e Pietrocola (2005) descreve uma proposta curricular para inserção de Física Quântica no ensino médio do ponto de vista da transposição didática de Yves Chevallard. A Física Quântica do ponto de vista da transposição didática é um tema consensual na comunidade científica, tem atualidade moral e apresenta baixa operacionalidade (produção de atividades) em relação aos conteúdos clássicos. Os autores concluem que transpor a teoria Quântica para o ensino médio é uma tarefa complexa devido às exigências epistemológicas do assunto, que são distantes do conhecimento do dia a dia dos alunos. Há uma sugestão no artigo de se introduzir conceitos de física moderna por meio de uma transposição didática centrada em atividades que devem dar maior ênfase à argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e características qualitativas do conhecimento.

Apesar de não ser uma proposta explicitamente didática, Kohnle *et al.* (2002) realizaram um trabalho sobre animações interativas e visualizações dirigidas ao ensino de Física Quântica, que pode ser usado como estratégia de ensino sobre a parte conceitual da Quântica. O projeto inclui animações sobre um único conceito e um passo a passo que explica os conceitos-chave em detalhes para os alunos. As animações ajudaram os estudantes a construir os seus próprios conceitos, enfatizando comparações com o comportamento clássico, destacando similaridades e diferenças entre os sistemas clássicos e quânticos. São utilizadas por estudantes universitários que inicialmente interagem livremente com as animações e posteriormente à interação respondem a perguntas sobre o conteúdo de Quântica para verificar se as explicações e os gráficos presentes nas animações fazem sentido para eles. Os resultados após a avaliação dos questionários consideraram que os estudantes acharam as animações úteis para melhorar o entendimento da Mecânica Quântica e que os que utilizaram tal recurso tiveram porcentagens maiores de acertos nas questões dos que os que não utilizaram. Outro trabalho que não é uma proposta didática explícita, mas uma recomendação para o ensino de Quântica é a pesquisa de Paulo e Moreira (2011). Esses autores discutem a questão

básica da linguagem e da captação de significados da Mecânica Quântica, como uma questão relevante para a inserção dos conceitos de Quântica no ensino médio. Nesse trabalho eles optam pela interpretação de Copenhagen, pois podem manter a linguagem clássica e valorizar os conceitos aprendidos previamente pelos estudantes, já que se pode manter os conceitos de posição, velocidade, quantidade de movimento, massa e energia. O artigo enfatiza que a linguagem é um aspecto fundamental para a troca de significados entre os professores e os alunos e para a ocorrência de aprendizagem significativa, quando se trata de aprender conhecimentos novos como os da Mecânica Quântica. As conclusões apontam que promover a aprendizagem significativa da Mecânica Quântica é uma tarefa desafiadora, tendo em vista que a captação de significados resulta de uma negociação de significados via linguagem clássica que, por vezes, implica o abandono da lógica clássica.

3 A instrução pelos colegas e as aulas invertidas

3.1 O surgimento do *Peer Instruction* (instrução pelos colegas)

No ano de 1984, o professor Eric Mazur, da Universidade de Harvard, localizada em Cambridge, Massachusetts, nos Estados Unidos, professor de física introdutória de engenheiros e futuros cientistas, utilizava metodologias tradicionais, que consistiam em aulas expositivas e demonstrações de experimentos em sala. O professor era bem satisfeito com suas aulas, os seus alunos tinham um bom desempenho no seu curso, conseguiam resolver problemas considerados difíceis e tinha sempre boas avaliações. Apesar dessas boas avaliações, os alunos faziam considerações do tipo: “física é chato”; “estudar física é muito entediante”, dentre outras. Isso levou o professor a pensar o que estava errado em suas aulas ou o que poderia estar incorreto na sua interação com os alunos (MAZUR, 2012).

No mesmo período da inquietação do professor, no ano de 1985, foi desenvolvido nos Estados Unidos um conjunto de testes conceituais de múltipla escolha sobre as Leis de Newton e as concepções de forças por Halloun e Hestenes (1985), o *Force Concept Inventory*. Esses testes tinham como objetivo levantar os conhecimentos prévios e as concepções alternativas dos estudantes em mecânica (principalmente no que se refere ao conceito de força). Por meio desses testes conseguia-se fazer um levantamento dos principais erros conceituais dos alunos (concepções alternativas) sobre o conteúdo das Leis de Newton.

Quando o estudante obtinha uma nota baixa no teste, isso significava não só que os conhecimentos básicos da mecânica newtoniana estavam ausentes, mas significava também que concepções alternativas sobre a mecânica estavam presentes e sólidas. Se essas concepções incorretas não fossem corrigidas inicialmente antes de o curso iniciar, o estudante iria ter dificuldade em entender o restante do conteúdo e pior ele teria a falsa impressão de que estava aprendendo sobre ciência (HALLOUN; HESTENES, 1985, p.11).

Com base nos relatos de pesquisa e nos artigos publicados por Halloun e Hestenes (1985), o professor Eric Mazur em 1990 resolve testar os seus alunos utilizando as questões do *Force Concept Inventory* e verifica que os estudantes se saíram apenas um pouco melhor nesses testes do que nos exames usualmente

preparados por ele. “No entanto, o teste de Halloun e Hestenes (1985) é simples, enquanto o material coberto pelo exame (dinâmica rotacional, momentos de inércia) é, ou assim eu pensei, de muito maior dificuldade” (MAZUR, 2012). Várias ideias passaram pela cabeça do professor nesse momento e uma delas se referia à validade dos testes do *Force Concept Inventory*, se eram adequados para os seus alunos.

Tentando verificar a validade dessa falha do entendimento conceitual de física pelos seus estudantes, o professor Eric Mazur elabora testes conceituais do mesmo modelo do *Force Concept Inventory* e testes tradicionais com conhecimentos matemáticos sobre um assunto diferente de mecânica, o de circuitos elétricos. Aplica essas questões aos seus estudantes e realiza uma comparação entre os dois tipos de testes aplicados (os tradicionais e os conceituais), verificando que o maior insucesso dos estudantes ocorre nos testes conceituais, que foram baseados no modelo do *Force Concept Inventory*. Conclui também que os alunos que tinham sucesso em resolver os testes que abordavam o entendimento conceitual eram também bons solucionadores de problemas tradicionais de física. Existiam outros que tinham apenas a habilidade em resolver os problemas tradicionais de física e não possuíam habilidade na resolução dos testes conceituais (MAZUR, 1997). Muitos desses bons solucionadores de problemas faziam isso por meio da memorização de um algoritmo sem ter compreensão da física subjacente, e isso trazia duas consequências para o ensino de física: professores experientes que acreditavam que os alunos estavam aprendendo e estudantes frustrados que acreditavam dominar o conteúdo, até verificarem que aquela “receita” que eles utilizam não servia para todos os tipos de questões (MAZUR, 2012).

Na maior parte das vezes, estudantes de física têm a sensação de que resolver problemas é o fato mais importante em uma aula de ciências e que eles devem ser ótimos solucionadores para ter sucesso nas ciências (MAZUR, 2012). O fato de centrar as aulas de física em resolução de problemas se deve muito à maneira como a aula tradicional de física é conduzida. Normalmente, o professor expõe o conteúdo exatamente da mesma forma que está no livro ou em suas notas de aula, e os alunos têm uma postura passiva de meros espectadores daquela palestra. Não existe um incentivo para um pensamento crítico. Além dessa deficiência nas aulas de física, as pesquisas em ensino apontam que:

os estudantes possuíam várias concepções incorretas sobre os conteúdos de física que estavam tendo nas escolas e aprendiam muito pouco das aulas tradicionais de física; mesmo sendo excelentes solucionadores de problemas de física tinham pouco entendimento conceitual do assunto; as habilidades em explicar fenômenos eram mais bem desenvolvidas quando os estudantes tinham participação ativa no material que estavam estudando e que atividades de cooperação entre estudantes era uma maneira excelente de engajar os estudantes efetivamente (CROUCH *et al.*, 2007, p.5).

Tentando aprimorar a interação dos estudantes em sala de aula e melhorar o entendimento conceitual da física, Eric Mazur desenvolve uma metodologia de ensino na década de 1990 na Universidade de Harvard. O método foi chamado por ele de *Peer Instruction* (instrução pelos colegas¹) e tinha como objetivo principal usar a interação dos alunos durante as aulas para promover uma melhor aprendizagem e trazer a atenção desses estudantes para os conceitos físicos fundamentais (MAZUR, 1997).

3.2 O método *Peer Instruction* (instrução pelos colegas)

Os ambientes de sala de aula tradicionais de física apresentam sempre o professor no comando da aula, expondo o conteúdo no quadro, transferindo informação para os alunos, que estão sentados em suas carteiras assistindo a tudo como telespectadores passivos. Essas aulas muitas vezes intercalam a explanação de um conceito com um exemplo, com a resolução de um exercício ou com uma demonstração. Os estudantes sempre fazem anotações em seus cadernos, normalmente em silêncio sem participação alguma e sem nenhuma discussão entre si nem com o professor. Quando são convidados a comentar, a dar opinião, somente alguns poucos estudantes se habilitam a participar da aula e na maior parte do tempo a postura dos estudantes é essa: não dialogam com seus colegas nem com o professor, que permanece com a postura de “ensinar” o conteúdo a todos, de fornecer o conhecimento.

Outro problema comum que aparece nas aulas tradicionais de física é que os estudantes prestam menos atenção à interpretação qualitativa do que às habilidades quantitativas quando estão aprendendo física. Sem incentivo, os alunos fazem pouco esforço para interpretar os conceitos e princípios e para

¹ A melhor tradução para o *peer instruction* e que será utilizada no trabalho é instrução pelos colegas.

organizar o conhecimento hierarquicamente. Eles tendem a utilizar um método para resolver os problemas de física, procurando uma fórmula na qual eles podem inserir todas as variáveis dadas no problema (ZHU; SINGH, 2011, p.24).

O *peer instruction* (instrução pelos colegas) apresenta uma proposta, ou, como denomina Crouch *et al.* (2007), uma estratégia de ensino, que pretende transformar o ambiente de aprendizagem, já que compromete ativamente os estudantes e atrai a atenção deles para os conceitos principais, tratando o assunto qualitativamente por meio dos pontos principais. O objetivo principal da instrução pelos colegas (*peer instruction*) é promover a aprendizagem dos fundamentos da física por meio da discussão entre os estudantes. As aulas baseadas nesse método são estruturadas em pequenas apresentações de conceitos principais, seguidas de testes para os alunos responderem individualmente e depois discutirem com o colega. Ao invés de apresentar o assunto com o nível de detalhamento de um livro texto ou das anotações de aula de um professor, as aulas baseadas no método do *peer instruction* consistem em um número de pequenas apresentações contendo conteúdos chaves, seguidas por testes conceituais sobre o assunto apresentado que será discutido entre os estudantes (MAZUR, 2012). “O *peer instruction* é uma abordagem interativa, que foi formulada para melhorar o processo de aprendizagem dos alunos, é flexível, podendo ser usada em conjunto com outros métodos de ensino e é fácil de ser usada” (ROSENBERG; LORENZO; MAZUR, 2006, p.77). O método de instrução pelos colegas, que abreviadamente é denominado IpC, “pode ser descrito como um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor e na apresentação de questões conceituais, em sala de aula, para os alunos discutirem entre si” (ARAUJO; MAZUR, 2013, p.367).

3.2.1 O funcionamento do método de instrução pelos colegas (*Peer Instruction*)

A aula baseada nessa metodologia tem inicialmente uma breve exposição oral do professor com uma duração de 15 minutos e então é apresentado aos alunos um teste conceitual, usualmente de múltipla escolha, para ser respondido por eles. Para esclarecer melhor como são as etapas da aplicação do teste, colocamos o Quadro a seguir, que discrimina todas as etapas dessa aplicação assim como a duração de cada uma.

No primeiro momento da instrução pelos colegas, é apresentado ao estudante um teste de múltipla escolha, abordando apenas um conceito-chave conceitual importante para o andamento do curso. Após ser apresentada a questão, o estudante escolhe sua resposta e marca no *clicker* (aparelho eletrônico), sem haver nenhum diálogo com o colega².

1. O teste é colocado aos alunos	1 minuto
2. É dado tempo para os estudantes pensarem	1- 2 minutos
3. Os estudantes escolhem o cartão ou gravam no aparelho eletrônico-<i>clicker</i> a resposta correta.	
4. Os estudantes discutem sua resposta com o vizinho	2- 4 minutos
5. Os estudantes gravam no aparelho eletrônico- <i>clicker</i> ou escolhem o cartão com sua resposta revisada.	
6. <i>Feedback</i> das respostas ao professor.	
7. Explicação da resposta correta pelo professor ou mais	2 minutos

Quadro 2- Esquema da aplicação do teste *Peer Instruction* (CROUCH et al., 2007, p.6-7).

Assim que apresenta a sua primeira resposta, o estudante é encorajado a discutir com os seus pares. Esses são os colegas próximos a ele que discordam da sua opção de resposta. Nesse momento, o estudante deve apresentar argumentos que justifiquem sua escolha e tentar convencer os colegas da sua opção.

As discussões entre os pares aumentam sistematicamente a porcentagem de repostas corretas e a confiança dos estudantes. Os estudantes são capazes de explicar os conceitos para os colegas de forma mais eficiente que os próprios professores. Uma possível explicação para isso é que os estudantes que entendem o conceito colocado no teste corretamente acabaram de entender a ideia e estão atentos às dificuldades que enfrentaram para adquirir (assimilar) o conceito. Dessa forma, esses estudantes sabem exatamente o que enfatizar nas suas explicações (MAZUR, 2012).

A discussão entre os alunos (pares) é prevista para durar em torno de quatro minutos, a seguir é feita uma segunda votação, que corresponde ao momento 5 do

² Em relação a esse aparelho eletrônico *clicker*, este será discutido detalhadamente mais à frente no texto.

Quadro apresentado acima. O professor verifica os acertos e o erros dos alunos após a segunda votação e faz, então, uma explicação da questão (momento 7 da Quadro 2) e parte para o próximo tópico da aula. Caso as respostas dadas para aquela questão não sejam mais de 90% corretas, outro teste mais detalhado sobre o mesmo conceito é aplicado; caso as respostas sejam mais de 90% corretas, outro assunto será abordado naquela aula.

Um esquema da implementação do *peer instruction* apresentado por Lasry, Mazuer e Watkins (2008) é apresentado na Figura 1. De acordo com essa figura, essa proposta de instrução pelos colegas é uma proposta para testes em que a resposta correta se situa, após a primeira votação, entre 30% e 70% das respostas dos alunos. Caso a resposta para o teste proposto seja maior do que 70% de respostas corretas, a parte da instrução pelos colegas deve ser omitida, o professor deve partir direto para a explanação ou para outro teste, já que esse não apresenta uma dúvida da maioria daquela classe. Caso a resposta para a questão, após a primeira votação, seja de menos de 30% de respostas corretas, a recomendação é apresentar novamente o conceito e realizar um novo teste conceitual sobre o mesmo conceito.

Figura 1 – Diagrama do processo de implementação do método *Peer Instruction*. Adaptado de (LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008).

A modificação trazida pelo *peer instruction* diz respeito à transformação da postura do aluno em sala de aula. O estudante com as discussões dos testes conceituais tem a oportunidade de falar e não ficar somente escutando, como em uma aula tradicional. Quando ele defende a sua opinião e argumenta com seus colegas, há um aumento considerável do número de respostas corretas. O professor nessa aula tem um papel de mediador da discussão, ele deve escutar a opinião dos alunos e fazer perguntas que auxiliem na instrução pelos colegas. O professor tem que tomar cuidado para não dar a resposta correta da questão quando interagir com os estudantes. Ele deve ter a preocupação de auxiliar na discussão, escutando as opiniões dos estudantes e partindo dessas opiniões para realizar intervenções.

3.2.2 O uso dos clickers ou cartões de respostas (flashcards)

Os *clickers* são dispositivos eletrônicos usados para responder aos testes propostos nas aulas que se utilizam da metodologia de instrução pelos colegas. Esses aparelhos permitem que os alunos insiram as suas respostas nos testes conceituais e são usados também de outras maneiras como, por exemplo, para inserir em determinadas situações os níveis de confiança dos estudantes em determinadas situações de sala de aula (MAZUR, 2012). As respostas são transmitidas para o professor que pode visualizá-las na tela do computador e que pode optar por projetar para os alunos. As informações sobre cada aluno (como nome e localização do assento) podem ser disponibilizadas para o instrutor, fazendo com que a sala fique mais personalizada. Algumas vantagens podem ser apontadas no uso dos *clickers* como:

- permitir aos estudantes participarem anonimamente;
- envolver ativamente os alunos durante todo o período da aula;
- garantir a participação de todos os alunos presentes em sala;
- avaliar o nível de compreensão do material que está sendo apresentado;
- ser bastante parecido com um jogo, o que faz com que os alunos tenham bastante prazer em manipular os aparelhos; e
- fornecer *feedback* imediato para o professor das respostas dos alunos (MARTYN, 2007).

As principais desvantagens da utilização dessa tecnologia são que o sistema eletrônico dos *clickers* requer uma certa quantidade de investimento de capital. Isso aumenta o custo das aulas. Além disso, é necessária uma preparação prévia do professor para entender o funcionamento do *software* que acompanha o dispositivo, para garantir um domínio da tecnologia. Também devem ser previstas as falhas do sistema.

Caso a escola não ofereça a tecnologia dos *clickers*, a opção é fazer cartões de resposta (chamados de *flahscards*), em que estão desenhadas as opções de respostas com cores diferenciadas e entregar aos estudantes. É importante que a escolha das alternativas pelos estudantes seja feita por meio desses dois métodos (cartão de resposta ou *clickers*) e não oralmente ou por uma votação em que os alunos levantem as mãos, para que não ocorra interferência entre as repostas dos colegas. Em uma pesquisa (LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008) desenvolvida em uma escola pública canadense em que foram usados cartões de resposta e *clickers* para medir as respostas dos estudantes, identificou-se que não há diferença em termos de aprendizagem dos alunos quanto ao uso desses dois instrumentos e sim diferenças para o professor.

Enquanto os cartões exigem tempo da aula para tabular ou estimar respostas e suas distribuições, os *clickers* permitem aos professores terem um *feedback* automático em tempo real das respostas dos alunos. Outras diferenças podem ser identificadas entre os *clickers* e os cartões como: a habilidade de gravar as respostas dos estudantes, o apelo tecnológico e o gasto da instituição (LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008, p.243).

A utilização desse aparato tecnológico (*clickers* e o *software* que os acompanha) possibilita ao professor um *feedback* imediato das respostas dos estudantes, o que facilita sua função na sala de aula. Com o *feedback* do número de acertos e erros por questão, o professor é capaz de verificar quais foram as alternativas que os alunos mais escolheram. A partir do seu conhecimento sobre o assunto, o professor pode, então, dirigir perguntas ou dialogar com os alunos já sabendo qual a dúvida que eles têm. Isso se houver uma preparação prévia à aula pelo professor, analisando as alternativas de cada questão e refletindo sobre os conhecimentos prévios envolvidos em cada uma delas. O *feedback* imediato possibilitado pela tecnologia traz um certo dinamismo à aula em relação aos cartões, já que, quando se utilizam cartões, uma contagem de respostas é necessária. Outro

ponto importante do *feedback* eletrônico é que o professor é capaz de localizar na sala onde estão as dúvidas, onde estão os alunos que marcaram a alternativa correta e onde estão os estudantes que erraram.

3.2.3 Os testes conceituais

Os testes utilizados nas salas de aulas em que ocorre a instrução pelos colegas devem ser elaborados seguindo algumas recomendações. Essas questões devem ser conceituais, não óbvias para os estudantes, claras e concisas, abordarem um conceito por vez (por questão) e motivarem discussões entre os alunos. (SCHELL, 2012a).

Para elaborar esses testes, o professor deve se basear nas dificuldades dos estudantes, nos erros mais comuns e nas concepções alternativas (ROSENBERG; LORENZO; MAZUR, 2006; SCHELL, 2012a). Uma sugestão para se formular um bom teste e com alternativas de respostas bem elaboradas é propor inicialmente a pergunta (o conceito) como uma questão aberta, recolher as respostas e identificar por meio delas os erros mais comuns, as preconcepções e as dificuldades dos alunos. A partir disso, o professor deve elaborar as alternativas de resposta. Os testes devem conter perguntas que não podem ser resolvidas baseando-se em uma equação matemática, ou seja, não devem ser de fácil solução, aplicando-se uma fórmula ou equação. Devem promover boas discussões entre os estudantes e devem promover uma melhora no entendimento dos alunos sobre o conteúdo da disciplina. Uma sugestão é utilizar questões já prontas e disponíveis na rede nos endereços www.deas.harvard.edu/galileo e www.flaguide.org/tools/tools_technique.php, tendo o cuidado de selecionar testes adequados ao nível de dificuldade dos alunos (ROSENBERG; LORENZO; MAZUR, 2006).

O professor deve ser bem criterioso ao preparar a sua aula em que utilizará o *peer instruction*. Deve decidir previamente quais serão os conceitos discutidos naquela aula e quais habilidades ele pretende desenvolver. A ordem em que ele apresentará os testes deve ser decidida previamente e outro cuidado que ele deve

tomar é o de selecionar mais de um teste por conteúdo ou habilidade que pretende trabalhar. A escolha de mais de um teste sobre o mesmo assunto permite ao professor, caso ocorra uma votação superior a 70%, verificar aquela habilidade utilizando outra questão. Outra possibilidade que o professor pode enfrentar na aula é a de ter que revistar determinados conceitos, principalmente quando um teste proposto aponte um resultado de menos de 30% de respostas corretas, dessa forma dispor de vários testes com várias habilidades permite um maior sucesso da aula.

3.3 As aulas invertidas (*flipped classroom*)

Além de utilizar a metodologia da instrução pelos colegas, essa pesquisa propôs aulas sobre tópicos de Física Quântica no formato de aulas invertidas, que serão relatadas em detalhes mais à frente.

3.4 Como surgiu a metodologia das aulas invertidas

Jonathan Bergmann e Aaron Sams, dois professores de química de uma escola secundária no Colorado, estado da Califórnia, começaram a gravar suas aulas em vídeo no ano de 2007, utilizando um *software* de captura de tela para disponibilizar aos alunos que perdiam aulas por motivo de viagens, eventos esportivos ou outros tipos de atividades. Essas aulas eram disponibilizadas *online*, e isso foi a primeira estratégia utilizada pelos professores de química para tentar solucionar a enorme reposição de aulas a que eram requisitados nessa escola. Os alunos aprovaram a ideia e, mesmo os que estavam presentes às aulas, assistiam novamente aos vídeos para se prepararem para provas e revisarem o que foi dado em sala. Bergmann e Sams tiveram então, a partir desses acontecimentos, a oportunidade de repensar radicalmente como eles utilizavam o tempo da sua classe (TUCKER, 2012). Devido ao sucesso dos vídeos, esses professores, no ano de 2007 e 2008, resolvem gravar suas aulas da disciplina de química que lecionavam na escola e disponibilizá-las aos alunos. A proposta deles para os estudantes foi a de assistir às aulas presenciais em um dia e no outro assistir aos vídeos gravados pelos professores previamente às aulas, anotar o que aprenderam e trazerem consigo essas anotações para a sala. Os professores perceberam que os

estudantes que assistiam às aulas gravadas em vídeo, quando chegavam em sala, realizavam as atividades rapidamente sobre os vídeos assistidos, e ainda sobrava tempo para discussões e atividades de laboratório; o que nunca tinha acontecido anteriormente nas suas classes. Bergmann e Sams resolvem, então, verificar como era a aprendizagem dos alunos nas aulas que alternavam vídeos e parte expositiva e resolvem aplicar os mesmos testes nas duas turmas. Os professores obtêm melhores resultados com estudantes que assistiram aos vídeos, surgindo daí a ideia das aulas invertidas, o *flipped classroom*.

Ao analisar a proposta de assistir aos vídeos e alterná-los com aulas tradicionais, pode-se pensar que as aulas invertidas reforçam o ensino tradicional de um aluno passivo e espectador. O cuidado que se deve ter é que o conceito de aula invertida não significa somente o que acontece previamente à sala de aula e sim o que acontece na sala de aula. A preparação prévia que pode ser feita por meio de vídeos gravados, leitura de um texto ou mesmo respostas a um questionário permite ao aluno um contato prévio ao conteúdo que será abordado na sala de aula. A parte da instrução tradicional que envolve ouvir o professor, realizar leituras ou responder a questões será feita fora de sala, permitindo, assim, uma otimização das funções e do tempo na sala de aula. Quando o estudante se apresenta para a aula na sala ele realizará atividades, discutirá pontos que ficaram confusos na preparação prévia e solucionará suas questões. Essa nova configuração de uma aula em que o estudante é ativo e realiza atividades é denominada aula invertida e será detalhada a seguir.

3.5 O que é uma aula invertida

O *flipped classroom* (aula invertida) é conhecido como uma metodologia em que há inversão do que acontece normalmente em uma aula tradicional. Os estudantes recebem previamente o conteúdo, por exemplo, por meio de vídeos gravados e assistem a esses antes das aulas. Após essa etapa, os alunos vão para a sala executar atividades de discussão, resolução de problemas com os seus colegas de classe e com o professor.

Basicamente o conceito de uma aula invertida é o seguinte: o que era tradicionalmente feito em sala de aula é feito agora em casa, e o que é

tradicionalmente feito em casa é realizado agora em sala de aula (BERGMANN; SAMS, 2012, p.13).

Inverter a aula não consiste em somente disponibilizar vídeos para alunos antes da aula e dentro da sala executar as mesmas tarefas, sem se preocupar com uma mudança na forma que os alunos aprendem. A aula invertida vem acompanhada do conceito de um aprendizado invertido, ou seja, uma maneira nova de aprender com base em uma aula remodelada.

O “aprendizado invertido” é uma abordagem pedagógica em que a instrução movimenta o grupo da sala de aula como um todo, gerando uma aprendizagem individual e que o resultado é a transformação do ambiente da sala de aula em um ambiente dinâmico e interativo em que o educador guia os estudantes a aplicar conceitos e se engajar criativamente no assunto da aula (SAMS et al., 2014).

Ao comparar uma aula tradicional com uma aula invertida, podemos apontar as diferenças entre as duas nos vários momentos que constituem uma aula: antes; durante e depois, como esquematizado no Quadro 3.

A principal aquisição da metodologia da aula invertida é a mudança do papel do professor que antes era um expositor de conteúdo, tinha total controle do que acontecia na sala de aula (já que, na maior parte do tempo, é ele que detém a fala, não havendo interação com os estudantes), para um tutor, que auxilia os estudantes nas atividades, interagindo com eles e com suas questões. *“Dar uma aula invertida é uma mudança de atitude em relação ao ensino: é retirar a atenção dada ao professor e colocar toda a atenção no aprendiz e no aprendizado”* (BERGMANN; SAMS, 2012, p.12). O professor, ao participar da aula invertida, sofre mais demandas que em uma aula tradicional, já que acompanha os estudantes de perto, ficando disponível para todos os alunos de acordo com suas dificuldades. O que acontece em uma aula em que os alunos realizam atividades, discutem alguns conteúdos em profundidade e são os atores principais é inesperado para o professor. Em uma aula tradicional, o professor sabe o que vai dizer e tem conhecimento das dúvidas que possam surgir, não lida com o inesperado.

	Aula Tradicional	Aula Invertida (“ <i>Flipped Classroom</i> ”)
Antes da aula	Não há nenhuma preparação prévia para a aula tradicional.	Alunos assistem a vídeos feitos pelos professores ou escolhidos por eles, respondem a questionários conceituais colocados na rede ou fazem alguma pequena leitura de um texto. É pedido aos estudantes que façam anotações sobre o que assistiram, realizem resumos dos conteúdos apresentados e, caso tenham alguma dúvida, anotem e levem para a sala de aula (BERGMANN; SAMS, 2012)
Durante a aula	O professor expõe todo o conteúdo da disciplina passando grande quantidade de informação para os estudantes ao mesmo tempo (NOVAK <i>et al.</i> , 1999). Os alunos assistem à aula escutando o professor, sentados em suas carteiras sem nenhuma interação entre eles e o professor.	Alunos participam de atividades em que aplicam conceitos chave relativos ao conteúdo e aos vídeos a que eles assistiram previamente à aula. Há interação entre os alunos e seus colegas e entre os estudantes e o professor por meio de discussões e perguntas. “ <i>A função do professor na sala de aula agora é auxiliar os estudantes, não apenas passar informações</i> ” (BERGMANN; SAMS, 2012, p.16).
Após a aula	Os alunos fazem o para casa sobre o conteúdo exposto em sala para verificar a aprendizagem. As dúvidas e questões dos alunos aparecem em um momento em que eles estão sozinhos, em que não há auxílio do professor e nenhuma interação dos colegas.	Após a aula os estudantes checam o entendimento dos conceitos por meio de um jogo disponível na rede (chamado de <i>feedback game</i>), em que o professor pode verificar o aprendizado quanto a conceitos que ficaram confusos e fazer uma revisão dos principais tópicos. É importante que esse “jogo” seja feito pela rede para o professor ter <i>feedback</i> das respostas dos estudantes ¹ .

Quadro 3- Diferenças entre a aula tradicional e a aula invertida nos vários momentos de uma aula.

¹ Informação fornecida por Julie Schell no *webminar flipped classrooms 101- an introduction to flipped learning* apresentado em agosto de 2013.

3.6 Grandes ideias sobre as aulas invertidas (*flipped classroom*)

A metodologia das aulas invertidas tem associada a ela ideias fundamentais (SCHELL, 2012b) que ajudam a entender o seu funcionamento e os seus fundamentos .

1. A metodologia das aulas invertidas envolve uma mudança de mentalidade dos alunos e dos professores e não é apenas a aplicação de uma técnica.
2. Existem várias maneiras de inverter uma aula. Não existe uma receita para se inverter uma aula, uma única maneira infalível que serve para todas as propostas no mundo inteiro.
3. Não é necessário inverter um curso inteiro do começo ao fim. A aula não precisa ser totalmente invertida, pode ser invertida em apenas algumas partes, pode ser invertida apenas para um conceito ou para um capítulo inteiro .

Embora não exista um único modelo, a ideia central é de inverter a abordagem de ensino tradicional. Com os vídeos criados pelo professor de lições interativas, as instruções que costumavam ocorrer em sala de aula são agora acessadas em casa, antes da aula. A classe torna-se o local de trabalho através de problemas, conceitos avançados e envolvimento na aprendizagem colaborativa. Mais importante ainda, todos os aspectos de instrução podem ser repensados para melhor maximizar o aprendizado em um tempo de recursos escassos (TUCKER, 2012, p.82).

4. A transição de um aula expositiva tradicional para uma aula invertida pode ser difícil para os estudantes, e não é porque na aula invertida se fará uso da tecnologia que os estudantes irão gostar dela automaticamente (BERGMANN; SAMS, 2012; SCHELL, 2012b). De acordo com Strayer (2007, p.11) “os estudantes *necessitam de tempo para ajustar para uma mudança tão radical e diferente do que eles estão acostumados nas aulas tradicionais*”, muitos deles oferecem resistência para realizar atividades em sala, pois se trata de uma tarefa mais difícil do que assistir passivamente a uma aula, escutando apenas o que o professor fala.
5. Inverter uma aula é mais do que inserir vídeos *online* (na rede): é modificar também a forma que os estudantes aprendem. Os vídeos postados previamente às aulas cumprem a função de dar aos estudantes um conhecimento prévio do assunto, o que é determinante para um melhor

aprendizado. Além disso, o conhecimento adquirido nas pequenas lições dadas nos vídeos é aplicado nas salas de aula, por meio das atividades de discussão, desenvolvendo nos estudantes habilidades de argumentação em classe. Nas aulas invertidas, o conteúdo é fragmentado, um conceito é trabalhado por vez, o que facilita o aprendizado dos estudantes⁴.

6. O *flipped classroom* pode proporcionar aos alunos oportunidades para desenvolver algum conhecimento prévio de um tema e de automonitorar o seu aprendizado, já que o material é distribuído anteriormente à aula. Esses dois pontos facilitam a aprendizagem durante a aula e auxiliam os estudantes a transferirem seu conhecimento a contextos diferentes (SCHELL, 2012b).

3.7 Por que inverter uma aula?

Inúmeros motivos são apontados para justificar inverter uma aula como o de se aproximar da maneira que os estudantes acessam informação nos dias de hoje, já que, ao disponibilizar vídeos e tarefas na rede, possibilita-se que esses sejam vistos a qualquer momento de vários locais (casa, escola, ônibus, metrô, dentre outros) e de variados meios (via *smartphones*, *tablets*, computadores, *ipods*), que é hoje a maneira mais utilizada por jovens para se comunicar e trocar informações (BERGMANN; SAMS, 2012). Apesar de ser uma característica das aulas invertidas, o uso de tecnologias não é determinante. Estudantes que não têm acesso a tecnologias e à internet podem experimentar uma aula invertida. Essa ausência de apoio tecnológico pode ser resolvida de várias maneiras: como, por exemplo, por meio do uso de *pen drives* onde se gravam as atividades que podem ser levadas para casa; empréstimo de tecnologia como os *tablets* ou até mesmo com os estudantes realizando atividades nos primeiros quinze minutos das aulas ao invés de realizarem em casa.

Outros motivos para inverter uma aula são levantados por Bergmann e Sams (2012) no livro *Flip you Classroom: Reach every student in every class every day*:

- reduzir as tarefas escolares de casa, pois hoje os estudantes têm inúmeras atividades extraclasse, e os vídeos postados na rede têm curta duração e

⁴ Informação fornecida por Julie Schell no *webminar flipped classrooms 101- an introduction to flipped learning* apresentado em agosto de 2013.

podem ser vistos de qualquer lugar. Dessa forma os alunos assistem ao vídeo quando puderem, tornando a aula o ambiente em que ocorre a maior parte do aprendizado;

- os vídeos produzidos para os alunos assistirem previamente às aulas permitem aos estudantes utilizarem a pausa e o botão de rebobinar, o que faz com que eles aprendam no seu próprio tempo, garantindo um ensino personalizado. Nem sempre, em uma sala de aula, os estudantes têm o mesmo ritmo de aprendizagem e podem interromper o professor a qualquer momento e pedir a ele que repita o que foi dito. Já com as aulas gravadas isso pode ser feito facilmente;
- diante da nova postura assumida pelo professor que é de tutor das atividades o contato entre ele e os alunos é mais próximo do que em uma aula expositiva tradicional e o professor pode conhecer melhor os seus estudantes;

À medida que os alunos trabalham no problema proposto, o instrutor circula na sala. Em vez de enviar os alunos para casa para estudar um novo conceito, os instrutores podem ouvir e corrigir erros que possam surgir. "Estamos pedindo a eles para resolver problemas que não são problemas simples", diz a Professora Rhea. "Na nossa presença eles estão aprendendo a pensar, e nós estamos aprendendo dificuldades que estão surgindo"(BERETT, 2012, p.3).

Além desses motivos, inverter uma aula se justifica para essa pesquisa por que, em sala de aula, o aluno realizará as atividades mais relevantes. É na sala de aula que o estudante vai discutir os conceitos principais do conteúdo com os colegas e com o professor e vai poder compartilhar suas dúvidas, recebendo um *feedback* instantâneo. Além disso, a participação do aluno na aula se modificará, ao contrário de um ouvinte, ele participará ativamente das atividades, votando pelo aparelho eletrônico, discutindo com os pares as questões e colocando o seu ponto de vista. A proposta da aula invertida utilizando o *peer instruction* também conseguirá transformar a aula de física em uma aula mais conceitual e menos formal (com somente resoluções de algoritmos), o que auxiliará os estudantes no entendimento conceitual do assunto. A proposta dessa pesquisa de ensino de Mecânica Quântica vai ao encontro dessa metodologia, já que existe a preocupação de abordar o conteúdo de forma conceitual. A Mecânica Quântica tem um formalismo matemático muito avançado para o ensino médio, e as pesquisas mostram que, para o

estudante ter um entendimento do assunto, é necessário que ele entenda os conceitos principais. Outro ponto que merece destaque é que, ao ensinar um assunto novo, o professor tem também a necessidade de modificar totalmente a sala de aula, o que vai de encontro à proposta da aula invertida.

4 Metodologia de pesquisa e coleta de dados

Esse capítulo tem o objetivo de descrever todas as etapas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, de que participaram estudantes (futuros professores) do curso de licenciatura de ciências exatas da USP- São Carlos e culminou com um minicurso de tópicos de Física Quântica para alunos de ensino médio. O minicurso, um dos objetos de análise dessa pesquisa, aconteceu nas dependências da USP e teve duração de oito horas. Para esse minicurso, foram convidados alunos da escola pública “André Donatoni”, totalizando 16 estudantes. Os futuros professores, bolsistas de iniciação à docência, foram responsáveis pela preparação das aulas e por ministrar o minicurso. Com o objetivo de facilitar a compreensão da metodologia utilizada na pesquisa e como ocorreu a coleta dos dados, cada etapa será descrita detalhadamente.

4.1 O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, o PIBID

O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) é um programa do governo federal, criado em 2007, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal no Nível Superior (Capes) e tem como objetivo promover uma mudança na formação dos professores no Brasil, por meio da integração entre a Universidade, estudantes de licenciatura e os professores das escolas da educação básica da rede pública de ensino. A integração acontece por meio de um docente da universidade, de estudantes dos cursos de licenciatura e de supervisores das escolas públicas, que são professores em exercício. De acordo com o Ministério da Educação, o PIBID é uma iniciativa para o aperfeiçoamento e valorização da formação dos professores para futuramente se inserirem no contexto da educação básica (CAPES, 2008). O programa tem o objetivo fundamental de formar professores como sujeitos de transformação da realidade brasileira por meio do enfrentamento dos desafios existentes nas escolas públicas brasileiras. Os futuros professores, juntamente com os professores em exercício e os coordenadores da universidade devem contribuir para desenvolver novas formas de interação dentro da escola, implementar projetos de ensino e aprendizagem e estimular ações coletivas, modificando o trabalho educacional.

O projeto funciona por meio da concessão de bolsas aos alunos participantes vindos dos cursos de licenciatura, ao professor coordenador da universidade e aos professores supervisores da escola de educação básica. Essas bolsas são destinadas ao desenvolvimento de projetos e têm como objetivo inserir o estudante de licenciatura no contexto das escolas públicas, desde o início da sua formação acadêmica. O objetivo da inserção na escola pública visa ao desenvolvimento de atividades didático-pedagógicas sob orientação do docente da licenciatura e do professor supervisor. De acordo com a (CAPES,2008), o programa tem os seguintes objetivos:

- incentivar a formação de docentes em nível superior para a educação básica;
- contribuir para a valorização do magistério;
- elevar a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura, promovendo a integração entre educação superior e educação básica;
- inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem;
- incentivar escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores como conformadores dos futuros docentes e tornando-as protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério; e
- contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura (CAPES,2008).

O projeto PIBID traz, então, a experiência de pesquisa da universidade às escolas públicas, contribuindo para uma melhoria no processo de aprendizagem dos alunos por meio da identificação dos problemas de ensino e aprendizagem e da utilização de novas metodologias e tecnologias. Os participantes do PIBID também têm oportunidade de reconhecer os saberes dos professores em exercício da escola básica e incorporarem essa experiência à sua formação. O PIBID incentiva e valoriza o trabalho dos professores em formação, aumentando o interesse dos alunos pelo curso e por sua formação, já que vivenciam a prática. Outra contribuição do programa de iniciação à docência é que teoria e a prática são trabalhadas em conjunto, já que os estudantes de licenciatura estudam o conteúdo e a metodologia (teoria) e têm a oportunidade de aplicá-los em sala de aula .

4.1.2 O PIBID da Universidade de São Paulo

O PIBID-USP da Universidade de São Paulo intitulado “A docência com componente articulador da teoria e prática na formação inicial e continuada do professor”, iniciou-se em março de 2011. O projeto começou com 69 bolsistas distribuídos entre os cursos de licenciatura em matemática (24 bolsistas), letras (15 bolsistas) da Universidade de São Paulo do campus da capital e da licenciatura em matemática (30 bolsistas) do campus de São Carlos. O projeto pretende promover uma dinâmica entre diferentes autores envolvidos no processo de formação do futuro professor, a universidade e a unidade escolar do sistema público. Os objetivos do projeto PIBID-USP, explicitados no documento de detalhamento do projeto institucional, são:

1. propor ações de caráter colaborativo, entre a Universidade de São Paulo e escolas estaduais de Ensino Fundamental e Médio do Estado de São Paulo, visando ao aprofundamento da formação inicial dos licenciandos e à formação continuada de professores em exercício;
2. ampliar os espaços e dinamizar as atividades de formação de futuros professores, articulando-os com ações previstas no desenvolvimento das licenciaturas como são os estágios supervisionados, a prática de ensino, o aproveitamento de estudos etc;
3. promover a inserção e a interação participativa do aluno licenciando na realidade escolar brasileira para problematizar, refletir sobre, compreender diferentes aspectos do ensino e aprendizagem e propor encaminhamentos (BRASIL,2011,p.5).

O mesmo documento, considera que o PIBID-USP terá ações que procurarão:

- tomar a sala de aula como o centro irradiador das questões que são objeto da formação do futuro professor;
- integrar os alunos da licenciatura numa dinâmica de trabalho na escola em que esta e sua proposta pedagógica serão tomados como um projeto em desenvolvimento a ser aprimorado quer do ponto de vista do processo de ensino e aprendizagem quer do ponto de vista das relações entre os vários sujeitos que atuam nos seus diferentes espaços;
- promover atividades de estudos e reflexão teórica a partir de questões presentes na realidade das escolas que emergirem da atuação conjunta entre os coordenadores do projeto e de áreas, os supervisores e os licenciandos bolsistas (BRASIL,2011,p.5).

As ações e os objetivos explicitados no projeto buscam colocar o licenciando diante da realidade da escola pública para transformar a sua formação por meio da participação em um programa de ensino. Ao se integrar ao programa, o licenciando

pode perceber qual a natureza do trabalho de um professor, já que participa do processo de ensino e aprendizagem e se depara com os vários tipos de relações presentes na escola. Ao participar de um programa de iniciação à docência, o aluno aprende a valorizar a sua futura profissão de professor, aumentando o seu interesse e contribuindo para a diminuição da evasão nos cursos, um dos resultados pretendidos pelo PIBID-USP. Ao participar desse projeto, o estudante de licenciatura renova e amplia o seu conhecimento no campo da formação docente produzindo subsídios para o aprofundamento da sua formação na universidade. Além do objetivo de formação de professores, o PIBID-USP pretende consolidar parcerias entre a Universidade e a escola básica, aprofundando laços e diversificando as formas de relacionamento entre as instituições, possibilitando que os professores da escola básica aproveitem os espaços, cursos e eventos oferecidos pela Universidade.

4.1.3 O subprojeto PIBID de Física da USP de São Carlos

O subprojeto de Física da USP do campus São Carlos teve o seu início em agosto de 2012 com principal objetivo de fortalecer a relação Universidade-Escola no que diz respeito à melhoria do processo de ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio. Esse subprojeto dá particular atenção aos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (Física Quântica, Astrofísica de Partículas e Física de Partículas Elementares) e propõe: metodologias de ensino inovadoras (resolução de problemas, ensino por investigação, modelização, representação multimodal, História e Filosofia da Ciência); desenvolvimento de novos materiais (*design*, implementação e validação de sequências de ensino e aprendizagem, roteiro de experimentos, produção de vídeos e DVDs) e utilização de recursos multimídias (simulações computacionais, *softwares*, portal eletrônico para divulgação de material didático) (BRASIL,2012). O subprojeto contou com a participação de duas escolas públicas do município de São Carlos e região, Escola Estadual "Prof. Sebastião de Oliveira Rocha", São Carlos/SP e Escola Estadual "André Donatoni", em Ibaté/SP (a aproximadamente 13km de São Carlos).

A maioria dos participantes do subprojeto PIBID-Física-USP de São Carlos eram alunos iniciantes no curso de Licenciatura de Ciências Exatas (com entrada no ano de 2012 e 2013) . Apenas a futura professora Clara cursava o último período da

licenciatura e já tinha optado pela ênfase em física. Com base em um questionário aplicado a esses alunos (APÊNDICE A), foi traçado um perfil dos bolsistas, que é importante para se entender o envolvimento deles no trabalho proposto sobre tópicos de Física Quântica.

A maior parte dos ingressantes no subprojeto PIBID de física da USP-São Carlos teve como motivação para participar do programa o oferecimento de uma bolsa remunerada e a melhora do currículo com a experiência acumulada nas ações desenvolvidas no PIBID. Todos os alunos participantes desse projeto acreditam que o fato de o programa desenvolver atividades nas escolas públicas em conjunto com os professores em exercício e com o professor orientador da universidade os aproximará da prática docente e, dessa forma, complementará a formação deles na licenciatura. Dentre esses alunos bolsistas, dois estudantes ainda não se decidiram quanto ao fato de querer ser professor, apesar de estarem matriculados em um curso de licenciatura. Foram apresentados no questionário alguns motivos possíveis que levam os alunos a quererem ser professor e os que tiveram mais votos foram: gostar de ensinar e transmitir conhecimentos, participação ativa na sociedade e gostar de física.

Os estudantes responderam também no questionário a uma pergunta aberta quanto à expectativa em relação ao desenvolvimento do subprojeto PIBID de Física da USP-São Carlos. Destacam-se algumas respostas, que foram transcritas sem nenhuma modificação no texto original :

A minha expectativa é que eu possa ter mais contato com a sala de aula e assim ter a certeza de que realmente optei pela profissão correta (ALUNO A)⁵.

Acredito que minha participação nesse projeto possa me auxiliar na melhoria das minhas aulas. Ainda auxiliar no exercício prático da profissão. Uma vez que aprendemos qual a melhor forma de abordar um conteúdo, lidar com alunos que tem diferentes desenvolvimentos cognitivos e diferentes influências sociais (ALUNO B).

Acredito que, participando do PIBID, tenho a oportunidade de conhecer melhor a profissão do docente e desse modo criando o meu próprio conceito do papel do professor na sociedade, e também adquirindo experiências e conhecimento. O projeto ajuda nós, alunos de licenciatura, a conhecer melhor as perspectivas e as necessidades da profissão de professor na rede pública (ALUNO C).

⁵ Os alunos identificados por A,B,C são estudantes de licenciatura de física da USP-São Carlos vinculados ao Subprojeto de Iniciação à Docência de física da mesma Universidade.

Os três depoimentos acima têm em comum a afirmação de que o contato com a sala de aula oferecido pelo projeto os auxiliará a conhecer a profissão de professor e lhes permitirá experimentar questões práticas desse ofício, como o contato com os alunos, a preparação das aulas e a transmissão de conteúdos.

4.2 As atividades desenvolvidas no subprojeto do PIBID de Física- São Carlos

As atividades do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos foram desenvolvidas pelos estudantes de licenciatura do curso de ciências exatas da USP do campus de São Carlos acompanhados do professor doutor coordenador da Universidade e do supervisor da escola pública. Toda uma infraestrutura foi montada para que isso acontecesse. No Instituto de Física de São Carlos, um espaço físico foi reservado para os estudos dos bolsistas, uma sala equipada com computadores e impressora. Nessa sala os futuros professores, bolsistas do projeto PIBID de física da USP- São Carlos cumpriam o horário semanal de preparação de atividades e de leituras recomendadas referentes a oito horas semanais individuais. Cada estudante tinha a liberdade de escolha do seu horário semanal e, na sala reservada, realizava as atividades programadas da semana. Além de cumprir o horário individual, os alunos participavam de reuniões semanais (de quatro horas de duração) com o professor orientador da Universidade para discussão do andamento do programa e instruções relativas ao conteúdo e metodologias, com a participação eventual dos supervisores das escolas. Durante o processo foi criado no “facebook” um grupo de nome PIBID IFSC FÍSICA 2013, em que informações eram compartilhadas. Foram postados nesse grupo textos de apoio sobre o conteúdo de física contemporânea e sobre a metodologia de ensino; vídeos relativos ao conteúdo de Física Moderna; vídeos explicativos sobre a metodologia proposta; atividades que os alunos deveriam realizar, avisos e acertos das reuniões; e curiosidades e atualizações sobre o tema de Física Moderna e Contemporânea. A ferramenta “facebook” foi muito útil no processo já que facilitou a comunicação entre os membros do grupo .

No ano de 2013, iniciou-se a preparação para as aulas de Física Quântica, que culminou com o minicurso de tópicos de Mecânica Quântica, utilizando a metodologia do *peer instruction*, que é o objeto de investigação desse trabalho. A preparação para o minicurso envolveu várias etapas como: realização de atividades sobre o conteúdo de Física Quântica; aulas tradicionais de tópicos de Mecânica

Quântica; estudo da metodologia a ser utilizada (*peer instruction*); e preparação e aplicação das aulas do minicurso.

4.2.1 Atividades preparatórias de Física Quântica

As primeiras atividades preparatórias para os alunos integrantes do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos sobre o conteúdo do experimento de dupla fenda foram retiradas e adaptadas dos textos de apoio ao professor de física da UFRGS, “*Inserção de mecânica quântica no ensino médio: uma proposta para professores*”, dos autores Márcia Cândido Montano Webber e Trieste Freire Ricci. Nessas atividades, os alunos bolsistas utilizaram-se do *software Doppelspalt* de distribuição gratuita encontrado para *download* no endereço eletrônico www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/Doppelspalt/dslit.html e seguiram roteiros exploratórios propostos pelos autores. Os exercícios sugeridos nos roteiros exploratórios (estruturados em forma de estudo dirigido) foram realizados pelos futuros professores participantes do PIBID, utilizando-se do simulador de bancada virtual *Doppelspalt* e entregues em uma data pré-agendada. Durante o período de realização das atividades de roteiro exploratório, as reuniões do subprojeto foram utilizadas para esclarecer dúvidas a respeito do conteúdo de Física Quântica (experimento de dupla fenda), discutir as atividades propostas e explorar as possibilidades do simulador.

Os roteiros exploratórios eram compostos de quatro atividades que tinham o objetivo de familiarizar os estudantes com o simulador e eram acompanhados de questões sobre tópicos de Física Quântica. São elas:

A primeira atividade do roteiro tinha como objetivo aprender a manipular o *software* e continha instruções gerais a respeito do seu funcionamento. A atividade utilizava-se de partículas clássicas (balas de metralhadora) e simulava o experimento de dupla fenda por meio do simulador virtual *Doppelspalt*. Foi pedido que se observasse o resultado do experimento no anteparo com as balas de metralhadora primeiramente com uma das fendas abertas, depois com a outra fenda aberta e, posteriormente, com as duas abertas simultaneamente.

A segunda atividade solicitava a escolha da fonte de *spray* colorido e continha uma pergunta para classificar as gotas de *spray* como partículas clássicas ou não. Além dessa pergunta, a atividade questionava sobre a figura formada em um

anteparo se balas de metralhadora fossem disparadas com uma fenda aberta e duas fendas abertas simultaneamente. A terceira e quarta atividades eram com fótons e elétrons e introduzia o caráter quântico do experimento da dupla fenda.

Na terceira atividade foi pedido aos alunos que escolhessem fótons para simular o experimento da dupla fenda. A descrição de forma qualitativa do que era observado com uma fenda aberta e com as duas abertas simultaneamente era uma das atividades (vários alunos entregaram as atividades com a descrição e com os gráficos e desenhos gerados pelo *software*). Na parte final da atividade foi pedido para os estudantes comparar os resultados com o que foi obtido com partículas macroscópicas (balas de metralhadoras e *spray*).

A quarta atividade pedia aos estudantes para escolher um feixe de elétrons para a fonte, com valores preestabelecidos de energia e largura da fenda. O objetivo dessa etapa era obter um padrão de difração de fenda única, como ilustra a Figura 2, a seguir. Após a abertura de uma única fenda, sugere na atividade abrir as duas fendas simultaneamente mantendo a fonte de elétrons com os mesmos valores anteriores, obtendo o padrão da Figura 3. O objetivo dessa atividade era a comparação entre o padrão da fenda única e o padrão da interferência da dupla fenda para o feixe de elétrons. Aliado às atividades do simulador tipo “bancada virtual”, foram disponibilizados textos teóricos (“*Mundo macroscópico e do mundo microscópico*”, “*Objetos clássicos e objetos quânticos*” e “*Elétrons e fótons*”) retirados do texto de apoio citado acima, para ajudar os estudantes a responder às questões dos roteiros exploratórios sobre a Física Quântica. Durante esse período, uma aula sobre o conteúdo de ótica ondulatória foi ministrada pelo professor supervisor do projeto. A aula aconteceu na Universidade, e o professor supervisor fez uma revisão dos conteúdos de ondulatória clássica pertinentes ao experimento da dupla fenda.

4.2.2 As aulas tradicionais de tópicos de Física Quântica

Anterior ao minicurso sobre tópicos de Física Quântica utilizando o *peer instruction*, os alunos bolsistas do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos ministraram aulas tradicionais nas escolas públicas sobre tópicos de Mecânica Quântica. As aulas tradicionais foram estruturadas pelos bolsistas do subprojeto e tiveram duração de 50 minutos cada uma. Foram ministradas na escola pública de

Ibaté (Escola André Donatoni) no interior de São Paulo no primeiro semestre de 2013 nos moldes tradicionais, em que o professor fazia a exposição na frente da sala para todos os estudantes. Foi dada aos futuros professores total liberdade para preparar as aulas, eles dividiram as tarefas entre si, escolheram e separaram o conteúdo necessário para três aulas.

Figura 2- Figura formada no anteparo do experimento virtual com elétrons disparados com uma fenda aberta.

Figura 3- Figura formada no anteparo do experimento virtual com fótons disparados um a um com duas fendas abertas.

A primeira aula foi sobre a parte clássica da mecânica ondulatória; a segunda teve uma introdução à Física Quântica e foi sobre a parte clássica do experimento de dupla fenda; e a terceira foi sobre a parte quântica do experimento da dupla fenda.

Na primeira aula, os futuros professores optaram por introduzir a Mecânica Quântica relacionando-a à Física Clássica ondulatória. Escolheram alguns conceitos introdutórios da Mecânica Ondulatória como: período, frequência, amplitude e comprimento de onda para apresentar aos alunos. Segundo os bolsistas do PIBID,

essa opção se justificava por ser a primeira vez que os estudantes teriam contato com esse assunto e esses tópicos eram essenciais para o entendimento da Física Quântica. A aula iniciou-se com a apresentação pela futura professora da cuba de ondas para os estudantes e a explicação do seu funcionamento. Após essa introdução, os conceitos fundamentais da mecânica ondulatória de frequência, período, amplitude e comprimento de onda foram abordados de forma dialogada com os estudantes. Os bolsistas perguntavam para os alunos o que eles entendiam por frequência, por exemplo, e poucos respondiam o que sabiam, tendo a resposta complementada pela futura professora. Foi exibido, nessa aula, um vídeo de pessoas em uma piscina de ondas para mostrar aos alunos que uma onda transporta energia e não matéria. A última parte da aula foi a apresentação de dois fenômenos ondulatórios: o de difração e de interferência por meio de *slides* com desenhos esquemáticos do fenômeno da difração e da interferência. Várias perguntas foram feitas nessa exposição dialogada para os alunos e poucos eram os estudantes que respondiam. Foi realizada também uma atividade fora da sala sobre interferência, em que os estudantes deram as mãos em uma roda em que interferências construtivas e destrutivas foram simuladas.

A segunda aula, que aconteceu na semana seguinte, começou com a exibição do vídeo *Powers of ten*, com duração de nove minutos, sobre as ordens de grandeza do mundo macroscópico e do mundo microscópico, mostrando imagens desde objetos muito pequenos a objetos muito grandes, como praças e cidades inteiras. Após o vídeo, os alunos do programa PIBID ressaltaram as diferenças entre objetos macroscópicos e microscópicos, baseando-se no texto disponibilizado para a preparação das aulas. Com base nessa diferenciação, houve uma introdução expositiva sobre o que aborda a Física Quântica e a Física Clássica. Foi realizada também uma apresentação sobre conceitos históricos sobre a luz; o conceito de partículas defendido por Newton e o conceito de ondas defendido por Huygens. Os estudantes da escola eram muito atentos à exposição dos futuros professores, não havendo nenhum episódio de indisciplina. Na última parte da aula, foi apresentado aos estudantes o *software* de bancada virtual⁶ e o aplicativo de interferência com

⁶ O simulador de bancada virtual está disponível em www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/Doppelspalt/dslit.html.

ondas⁷. As futuras professoras projetaram a imagem da tela do computador e manipularam os simuladores, comentando com os estudantes sobre o que estavam fazendo. Nessa aula foi utilizada a opção de balas de metralhadora e do *spray* colorido no simulador do experimento da dupla fenda. A aula finalizou com a explicação das futuras professoras sobre a interpretação de de Broglie para o fenômeno da difração. Foi apresentado aos alunos o motivo de as partículas clássicas não sofrerem difração e interferência, por meio de cálculos do comprimento de onda da bala de metralhadora.

A terceira aula foi sobre a parte Quântica do experimento de dupla fenda e iniciou-se com a retomada dos conceitos de macroscópico e microscópico, relacionando a isso a capacidade das partículas de sofrer ou não interferência. Após esse momento, foram apresentadas perguntas aos alunos sobre qual será a figura formada quando um fóton passar por uma fenda, por duas fendas e quando elétrons passarem por uma e duas fendas. Após os estudantes escolherem a sua opção, o simulador foi executado para confirmar a resposta. Para concluir essa parte da aula, foram feitas duas perguntas provocativas aos estudantes: *“os elétrons são ondas ou partículas?”* e *“como podemos aceitar esse comportamento aparentemente contraditório e muito estranho?”*. Na parte final da aula foi apresentado um trecho do vídeo do Dr. Quantum⁸ e um *slide* com os pontos principais da dualidade onda partícula.

4.2.3 A metodologia ativa

Após as aulas sobre tópicos de Física Quântica ministradas de forma tradicional, os bolsistas participantes do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos iniciaram a preparação para o minicurso em que seria utilizada uma nova metodologia. A proposta do minicurso foi a de estruturar uma aula invertida sobre tópicos de Mecânica Quântica utilizando para isso a instrução pelos colegas (*peer instruction*). Para isso, os bolsistas do subprojeto de física da USP-São Carlos fizeram leitura do livro, *“Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class*

⁷ O simulador do fenômeno da interferência está disponível no endereço http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-interference.

⁸ Dr. Quantum. Vídeo sobre os mistérios da Física Quântica.10'40". Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=awb_RiWuq6o>. Acesso em fevereiro de 2013.

*Every Day*⁹ dos autores Jonathan Bergmann e Aaron Sams, com objetivo de se familiarizarem com a metodologia. Após a leitura individual, foi proposto aos estudantes que dividissem o livro em partes e apresentassem para os colegas participantes do subprojeto os pontos principais de cada parte, em forma de seminários. Essa apresentação aconteceu nas reuniões semanais do subprojeto e foi acompanhada pelo professor coordenador da Universidade. Nas reuniões foram realizadas discussões sobre a abordagem da aula invertida, em que os estudantes puderam se familiarizar com a abordagem, criticá-la e propor adaptações para a realidade brasileira. O *peer instruction* foi apresentado para os futuros professores participantes do projeto PIBID-USP-São Carlos por meio do livro do professor Eric Mazur intitulado “*Peer Instruction A User's Manual*”¹⁰ e do artigo dos professores Ives Solano e Eric Mazur, “*Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física*”¹¹. Os alunos fizeram a leitura de partes do livro e de todo o artigo para entender o funcionamento das aulas que se utilizam da instrução pelos colegas e se familiarizarem com a metodologia.

4.2.4 Preparação e aplicação do minicurso sobre tópicos de Física Quântica

Os alunos participantes do subprojeto PIBID-Física-USP- São Carlos, após conhecerem a metodologia que seria utilizada nas aulas do minicurso, ficaram responsáveis por estruturar as aulas invertidas. O minicurso teve duração de 8 horas, dividido em 4 horas no período da manhã e 4 horas no período da tarde. Os dezesseis estudantes que participaram do minicurso foram escolhidos pelo professor supervisor da escola pública André Donatoni e realizaram o minicurso na USP. Os temas escolhidos para as aulas foram: o experimento da dupla fenda; o experimento de Mach-Zehnder e o efeito fotoelétrico. Para estruturar a aula, os bolsistas escolheram primeiramente os testes conceituais que seriam utilizados com o *peer instruction*. Alguns testes foram adaptados, e outros foram criados pelos

⁹ BERGMANN, J; SAMS, A. *Flip Your Classroom: reach Every Student in Every Day*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education, 2012,p.1621 .

¹⁰ MAZUR, E. **Peer Instruction A User's Manual**. Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997. p.253

¹¹ SOLANO, I.;MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.30, n.3, p. 362-384.

futuros professores, com auxílio do coordenador do projeto. Após essa escolha, as aulas foram estruturadas intercalando as questões com vídeos, simuladores, leitura de pequenos textos e experimentos que diziam respeito ao assunto abordado. Ao final da preparação, os alunos bolsistas ministraram a aula para o professor coordenador da Universidade do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos, com o objetivo de simular o que aconteceria em sala. As reuniões serviram também para a discussão das alternativas de cada teste que seria utilizado no minicurso.

As aulas do minicurso foram todas gravadas em vídeo e o áudio foi capturado na bancada em que ocorreu a mediação entre alunos e duas futuras professoras, Daniela e Clara, previamente escolhidas para o estudo de caso desta pesquisa. As futuras professoras que foram escolhidas têm perfis bem diferentes e apresentaram grande comprometimento com as atividades do subprojeto PIBID-Física-USP-São Carlos. Daniela era estudante do primeiro período, e Clara estudante do último período do curso de licenciatura. Para análise, foram escolhidas a parte da aula referente ao experimento da dupla fenda e ao interferômetro de Mach-Zehnder. Essa escolha se justifica por esses assuntos conterem relações entre si e por apresentarem tópicos fundamentais da Física Quântica. A parte do efeito fotoelétrico não foi analisada. Além das gravações em áudio e vídeo, foram aplicados questionários e entrevistas anteriores e posteriores à realização do minicurso, que serão analisados no próximo capítulo.

Os episódios de ensino selecionados para análise encontram-se inseridos na aula sobre o experimento de dupla fenda e na aula do interferômetro de Mach-Zehnder (Quadros 4 e 5). Esses episódios são os momentos em que as futuras professoras, Daniela e Clara, encontram-se na bancada mediando a discussão com os alunos e estão localizados ao longo da aula, como nos quadros a seguir. As sequências discursivas de cada episódio foram integralmente transcritas e analisadas, utilizando as categorias de análise propostas por (MORTIMER; SCOTT, 2003) e que serão detalhadas mais à frente no texto.

O Quadro 4 apresenta toda a estrutura da parte da aula referente à dupla fenda que teve duração de duas horas e quarenta minutos. A primeira coluna do Quadro apresenta o tempo de cada atividade; a segunda coluna descreve a atividade desenvolvida e a terceira e a quarta colunas apresentam as ações das futuras professoras e comentários gerais, respectivamente. Os episódios de ensino

estão em negrito e correspondem à mediação das futuras professoras na bancada no momento da discussão da questão.

O mapa da aula sobre interferômetro de Mach-Zehnder (Quadro 5) contém colunas que descrevem: a duração de cada atividade, a descrição da atividade desenvolvida, as ações das futuras professoras e comentários gerais sobre a aula. Da mesma forma do mapa anterior, os episódios de ensino estão marcados com negrito e correspondem à mediação das futuras professoras no momento da discussão do teste conceitual.

Mapa de atividade da aula sobre o experimento da dupla fenda

Tempo (duração)	Atividade desenvolvida	Ação da futura Professora	Comentários
(00:00:00 a 00:03:00) 3 minutos	Apresentação da futura professora seguida da leitura de um trecho do texto “Alice no país dos quantum” localizado na apostila.	A futura professora se coloca à frente da sala dirigindo-se a todos os estudantes.	
(00:03:00 a 00:10:00) 7 minutos	Tempo para a leitura de trecho do texto “Alice no país do quantum”.	A futura professora aguarda a leitura dos alunos em frente à sala.	
(00:10:00 a 00:16:30) 6:30 minutos	Apresentação sobre a utilização dos <i>clickers</i> (aparelho eletrônico).	A futura professora auxilia os alunos na utilização dos aparelhos eletrônicos.	
(00:16:30 a 00:18:30) 2 minutos	Apresentação da primeira questão seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<u>Teste conceitual</u> Classificar as seguintes características e ou fenômenos como pertencentes ao mundo clássico, ao mundo quântico ou aos dois mundos <u>Precisão das posições da bola de bilhar disparada em uma mesa</u> a) mundo clássico b) mundo quântico c) mundo clássico e quântico
(00:18:30 a 00:23:30) 5 minutos	Discussão entre os pares (episódio 1).	A futura professora aproxima-se da bancada dos estudantes e realiza a mediação da discussão.	Episódio 1.
(00:23:30 a 00:25:30) 2:30 minutos	Segunda votação da questão seguida do fechamento pela futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta.	
(00:25:30 a 00:26:45) 1:15 minutos	Apresentação da segunda questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	O resultado dessa votação não exige discussão entre os pares . <u>Teste Conceitual</u> Classificar as seguintes características e ou fenômenos como pertencentes ao mundo clássico , ao mundo quântico ou aos dois mundos <u>Bola de bilhar disparada em todas as direções ao mesmo tempo em uma mesa</u> a) mundo clássico b) mundo quântico c) mundo clássico e quântico

(01:00:15 a 01:03:15) 3 minutos	Discussão entre os pares (quarta questão).	A futura professora aproxima-se da bancada dos estudantes e realiza a mediação da discussão.	Episódio 3.
(01:03:15 a 01:04:45) 1:30 minutos	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta.	
(01:04:45 a 01:08:15) 3:30 minutos	Apresentação da quinta questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<p>O resultado dessa votação não exige discussão entre os pares . <u>Teste Conceitual</u> Qual a imagem projetada na tela colocada atrás do experimento de Young ilustrado baixo ?</p> <p>a) </p> <p>b) </p> <p>c) </p> <p>FIG. 1</p>
(01:08:15 a 01:10:55) 2:40 minutos	Apresentação da sexta questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<p><u>Teste conceitual.</u> Se colocarmos um detector (lata com areia) em várias posições ao longo da vertical e dispararmos balas que ultrapassam o anteparo de fendas duplas através ora de uma fenda ora de outra fenda, ao final de um intervalo de tempo, teremos uma distribuição como mostrado nas figuras a seguir. Na figura da esquerda apenas a fenda 1 encontra-se aberta e na figura da direita apenas a fenda 2 encontra-se aberta.</p>

			<p>Qual dos desenhos a seguir representa a distribuição das balas com as duas fendas abertas ?</p> <p>a) </p> <p>b) </p>
(01:10:55 a 01:16:25) 05:30 minutos	Discussão entre os pares (sexta questão).	A futura professora aproxima-se da bancada dos estudantes e realiza a mediação da discussão.	Episódio 4.
(01:16:25 a 01:19:40) 3:15 minutos	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão, para toda a sala, indicando a resposta correta.	
(01:19:40 a 01:39:40) 20 minutos	Pausa para descanso e lanche dos alunos.	Todos se dirigem para o andar de baixo do IFSC para o lanche.	

<p>(01:39:40 a 01:42:55)</p> <p>3:15 minutos</p>	<p>Apresentação da sétima questão, seguida da primeira votação.</p>	<p>A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica se todos os estudantes votaram e as porcentagens de respostas por alternativa, na tela do computador.</p>	<p>Teste Conceitual</p> <p>As figuras a seguir mostram dois arranjos com duas fendas em que ondas circulares geradas com uma ponta de bastão que toca a água em intervalos de tempos iguais chegam sobre eles. Na primeira figura a fenda inferior foi fechada e na segunda figura a fenda superior foi fechada. O detector é uma rolha de cortiça que através da altura alcançada por ele detecta a energia transferida pela onda.</p> <p>Sabe-se que a distribuição de energia que chega ao anteparo é dada pela curva vermelha e verde. O formato desta curva varia conforme a largura da fenda e o comprimento de onda (separação entre os círculos da figura). Caso as duas fendas forem abertas simultaneamente como abaixo. Qual será a curva de distribuição de energia ?</p> <p>a) </p> <p>b) </p>
<p>(01:42:55 a 01:45:55)</p> <p>3 minutos</p>	<p>Discussão entre os pares (sexta questão).</p>	<p>A futura professora aproxima-se da bancada dos estudantes e realiza a mediação da discussão.</p>	<p>Episódio 5.</p>

(01:45:55 a 01:47:10) 01:15 minutos.	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão, para toda a sala, indicando a resposta correta.	
(01:47:10 a 02:07:40) 20:30 minutos	Leitura de um trecho do texto “ <i>Alice no País do Quantum</i> ” localizado na apostila.	A futura professora fica na frente da sala esperando os alunos realizarem a leitura.	
(02:07:40 a 02:13:40) 6 minutos	A futura professora apresenta novamente o simulador para toda a sala.	A futura professora faz a demonstração da interferência quântica (com fótons) utilizando o simulador.	
(02:13:40 a 02:17:20) 3:40 minutos	Apresentação do vídeo Dr. Quantum (parte quântica).	A futura professora assiste ao vídeo em pé na frente da sala.	
(02:17:20 a 02:19:35) 02:15 minutos	Apresentação da oitava questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<p>O resultado dessa votação não exige discussão entre os pares .</p> <p><u>Teste Conceitual</u></p> <p>Se um único fóton atingir as duas fendas estreitas e o filme fotográfico colocado atrás do experimento ficar exposto a um período curto (captar poucos fótons), o padrão formado será como na figura ao lado.</p> <p>Se o filme for deixado por um período maior (até captar 10000 fótons individualmente), qual será o padrão formado</p> <div style="text-align: right;"> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: flex-end; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p> </div> </div>

02:19:35 a 02:21:15) 1:50 minutos	Apresentação da nona questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<p>Teste Conceitual. Elétrons são emitido um a um de uma fonte passam por uma fenda dupla e são detectados por uma tela como ilustra o esquema ao lado. Após um certo período de tempo (após a detecção de vários elétrons) a tela mostrará a seguinte imagem</p> <p>o que representa que os elétrons sofreram interferência ao passar por uma das fendas. Imagina agora que vamos fechar uma das fendas e emitir elétrons um a um durante um certo período de tempo. Qual será o padrão observado na tela de detecção ?</p> <p>a) </p> <p>b) </p> <p>c) </p>
02:21:15 a 02:23:15) 2 minutos	Discussão entre os pares (nona questão).	A professora aproxima-se da bancada dos estudantes e realiza a mediação da discussão.	Episódio 6.
02:23:15 a 02:25:15) 2 minutos	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta enquanto os alunos escutam em silêncio.	Episódio 6

Quadro 4- Mapa de atividades da aula sobre o experimento de dupla fenda

Mapa de atividade da aula sobre o experimento de Mach-Zehnder

Tempo (duração)	Atividade desenvolvida	Ação da futura Professora	Comentários
(00:00:00 a 00:10:40) 10: 40 minutos	Apresentação sobre a parte histórica do experimento de Mach-Zehnder. Após essa apresentação, a futura professora faz a demonstração da montagem clássica com laser, semiespelhos e polaroides.	Apresentação da parte histórica dirigida a todos os alunos de forma expositiva. Demonstração de um experimento montado em uma das bancadas da sala. O experimento conta com um semiespelho, polaroides e um feixe de laser. A demonstração tem o objetivo de apresentar aos estudantes a função desses objetos (semiespelhos e polaroides).	
(00:10:40 a 00:21:40) 11 minutos	Demonstração do funcionamento do simulador virtual de Mach-Zehnder para todos os alunos.	A futura professora explica detalhadamente o funcionamento do simulador, fazendo algumas demonstrações, utilizando o <i>software</i> .	
(00:21:40 a 00:25:20) 3:40 minutos	Apresentação da primeira questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<p><u>Teste conceitual</u></p> <p>O interferômetro de Mach-Zehnder é montado de acordo com o esquema ilustrado a seguir em que M_1 e M_2 são espelhos 100 % refletivos e SM_1 e SM_2 são espelhos semi refletivos (que refletem e transmitem 50 % da luz incidente sobre eles).</p> <p>Se a fonte emitir luz plano polarizada (laser) será formada no anteparo 1 e no anteparo 2 figuras de interferência. Isso ocorre porque a luz sofre</p> <ol style="list-style-type: none"> múltiplas interferências até chegar aos anteparos. superposição entre os feixes que seguem caminhos diferentes. reflexões nos espelhos e nos semiespelhos .
(00:25:20 a 00:29:10) 3:50 minutos	Discussão entre os pares (episódio 7).	A professora aproxima-se da bancada e media juntamente com um grupo de alunos a discussão entre pares.	Episódio 7

(00:29:10 a 00:32:10) 3 minutos	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta.	
(00:32:10 a 00:33:10) 1 minuto	Apresentação da segunda questão sobre o interferômetro de Mach-Zehnder.	A futura professora utiliza o simulador para mostrar o que será pedido na questão (retirada do semiespelho).	A professora não executa o simulador, só o utiliza para explicar o teste conceitual.
(00:33:10 a 00:34:50) 1:40 minutos	A segunda questão é projetada e acontece a primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<u>Teste conceitual.</u> Caso o semiespelho SM ₂ seja removido o que acontecerá com as figuras de interferências formadas no anteparo 1 e 2 ? a) desaparecerão. b) permanecerão as mesmas. c) desaparecerá no anteparo 1 e permanecerá a mesma no anteparo 2. d) desaparecerá no anteparo 1 e permanecerá a mesma no anteparo 2.
(00:34:50 a 00:39:30) 5:40 minutos	Discussão entre os pares (episódio 8).	A professora aproxima-se da bancada e media juntamente com um grupo de alunos a discussão entre pares.	Episódio 8
(00:39:30 a 00:44:30) 5:00 minutos	Segunda votação da questão, seguida do fechamento da futura professora.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta.	
Duração de uma hora	Almoço.	Alunos e as futuras professoras se dirigem para o restaurante do IFSC para o almoço.	O almoço teve duração de uma hora.
(00:44:30 a 00:48:30) 4 minutos	Retorno do almoço e início da segunda parte da aula.	Alunos retornam do almoço e a segunda parte da sequência é executada.	
(00:48:30 a 00:49:40) 1:10 minutos	Apresentação da nona questão, seguida da primeira votação.	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica as porcentagens de respostas no computador e confere se todos os estudantes votaram.	<u>Teste conceitual.</u> Se, no experimento descrito acima, a intensidade da luz emitida pela fonte fosse tão tênue que apenas um fóton fosse emitido e cada vez (regime monofotônico), a uma taxa de um fóton por segundo, pode-se afirmar que, após algumas horas, D1 detectaria: (A) todos os fótons emitidos.

			(B) a grande maioria dos fótons emitidos. (C) aproximadamente metade dos fótons emitidos. (D) uma pequena minoria dos fótons emitidos. (E) nenhum dos fótons emitidos.
(00:49:40 a 00:53:50) 4:10 minutos	Discussão entre os pares (quarta questão).	A professora aproxima-se da bancada e media juntamente com um grupo de alunos a discussão entre pares.	Episódio 9
01:53:50 a 01:55:00) 1:10 minutos	Acontece a segunda votação da questão e a futura professora realiza o fechamento da discussão com explicações sobre a questão.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala indicando a resposta correta enquanto os alunos escutam em silêncio.	Episódio 9.
(01:55:00 a 01:58:25) 3:20 minutos	A futura professora faz uma breve explicação utilizando o simulador.	A futura professora faz explicações utilizando o simulador. Ela explica as funções do polaroide e do detector.	
(01:58:25 a 02:00:05) 1:40 minutos	Apresentação da sexta questão e primeira votação utilizando os <i>clickers</i> .	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica se todos os estudantes votaram e as porcentagens de respostas por alternativa, na tela do computador.	Episódio 10. Suponha que, ainda em regime monofotônico, o espelho semirefletor S_2 fosse retirado do experimento. Pode-se afirmar que, após algumas horas, D1 detectaria: (A) todos os fótons emitidos. (B) a grande maioria dos fótons emitidos. (C) aproximadamente metade dos fótons emitidos. (D) uma pequena minoria dos fótons emitidos. (E) nenhum dos fótons emitidos.
(02:00:05 a 02:04:45) 4:40 minutos	Discussão entre os pares (sexta questão).	A professora aproxima-se da bancada e media juntamente com um grupo de alunos a discussão entre pares.	Episódio 10.
(02:04:45 a 02:08:15) 4:30 minutos	A professora requisita uma nova votação e faz o fechamento da discussão com explicações sobre a questão. A futura professora utiliza o simulador para fazer as explicações.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta enquanto os alunos escutam em silêncio. A futura professora utiliza o simulador para indicar os resultados que acontecem com a retirada do semi-espelho S_2 , como proposto no teste.	Episódio 10.

(02:08:15 a 02:10:35) 2:20 minutos	Apresentação da décima primeira questão e primeira votação utilizando o <i>clicker</i> .	A futura professora aguarda na frente da sala até o término da votação; verifica se todos os estudantes votaram e as porcentagens de respostas por alternativa, na tela do computador.	Episódio 11. Se no arranjo experimental descrito com presença de S2, a fonte emitisse um único fóton, pode-se afirmar que: a) o fóton seria detectado com certeza em D1. b) o fóton seria detectado com certeza em D2. c) a metade do fóton seria detectada em cada detector simultaneamente. d) o fóton teria uma probabilidade de 50% de ser detectado em D1 ou em D2. e) o fóton não seria detectado em D1 nem em D2.
(02:10:35 a 02:16:35) 6 minutos	Discussão entre os pares (nona questão).	A professora aproxima-se da bancada e media juntamente com um grupo de alunos a discussão entre pares.	Episódio 11.
(02:16:35 a 02:21:35) 5 minutos	A professora requisita uma nova votação e faz o fechamento da discussão com explicações sobre a questão. Para explicar o teste 11, a professora utiliza o simulador virtual.	A futura professora realiza uma explicação sobre a questão para toda a sala, indicando a resposta correta enquanto os alunos escutam em silêncio. A futura professora utiliza o simulador para mostrar os resultados com a presença do semiespelho S ₂ . A futura professora faz o fechamento do curso, ressaltando as ideias principais.	Episódio 11.

Quadro 5- Mapa de atividades da aula sobre o interferômetro de Mach-Zehnder

4.3 O sistema de categorias

Os dados gravados em vídeo e em áudio do minicurso de tópicos de Física Quântica foram analisados com base nas ferramentas que serão apresentadas a seguir e têm o objetivo de caracterizar as estratégias enunciativas das futuras professoras, Daniela e Clara. O sistema de categorias utilizado foi o proposto por Mortimer e Scott (2003) e leva em conta não apenas a linguagem verbal, mas um conjunto de modos de comunicação (MORTIMER *et al.*, 2007). A natureza da pesquisa é qualitativa e, ao caracterizar as estratégias enunciativas de cada futura professora, procura entender melhor como essas professoras em formação inicial se comportaram ao aplicar o *peer instruction* a estudantes do ensino médio. Foram utilizadas cinco categorias para essa análise: as intenções do professor; o conteúdo das interações em sala de aula; a abordagem comunicativa; os padrões de interação e as intervenções do professor (MORTIMER; SCOTT, 2003).

4.3.1 Intenções do professor

As intenções do professor correspondem a metas que se encontram presentes no momento da elaboração do seu roteiro e seleção de atividades, e que, portanto, determinarão, até certo ponto, sua performance no plano social da sala de aula (SILVA, 2008, p.76).

As intenções do professor estão relacionadas com os objetivos do professor em vários momentos da aula, no que ele deseja atingir em relação ao conteúdo científico que se propõe a ensinar. Mortimer e Scott (2003) identificam algumas intenções dos professores em sala de aula resumidas no Quadro 6 a seguir, que são fruto de observações e pesquisas em ensino. Esse é uma compilação dos dados apresentados por Mortimer e Scott no livro *Meaning Making in Secondary Science Classrooms* (2003) e no artigo “Atividade Discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino” (2002) dos mesmos autores.

Intenções do professor	Foco
Apresentar uma questão científica para os alunos (criando um problema).	Envolver os estudantes intelectualmente e emocionalmente no desenvolvimento inicial do assunto científico proposto na aula (da história a ser contada pelo professor).
Explorar e trabalhar com a visão dos estudantes.	Explorar a visão e o entendimento dos estudantes sobre as ideias e fenômenos específicos.
Introduzir e desenvolver o assunto científico (a “história científica”).	Fazer com que os significados científicos (incluindo os conceituais, epistemológicos, tecnológicos, sociais e de temas ambientais) fiquem disponíveis no plano social da sala de aula.
Guiar os estudantes para trabalhar com os significados científicos e auxiliar na internalização desses significados.	Dar oportunidade aos estudantes de dialogar e pensar com os novos significados científicos, individualmente, em grupos ou em situações com toda a sala de aula envolvida. Ao mesmo tempo, auxiliar os estudantes a fazer sentido individualmente e internalizar esses significados.
Guiar os estudantes para aplicar as ideias científicas e expandir o ponto de vista científico, transferir para os alunos a responsabilidade e o controle desse uso.	Apoiar os estudantes na aplicação dos significados científicos apreendidos em uma gama de contextos. Transferir a responsabilidade da utilização desses significados para os alunos.
Manter o desenvolvimento da história científica (manter a narrativa).	Fornecer comentários sobre o desenrolar da história científica, de modo a ajudar os estudantes a seguir o seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

Quadro 6- Intenções dos professores (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.497) e (MORTIMER; SCOTT, 2002).

4.3.2 O conteúdo das interações em sala de aula

As múltiplas interações que ocorrem em uma sala de aula entre alunos e professores estão relacionadas à história científica que é contada pelo professor, a procedimentos que devem ser realizados pelos estudantes e a questões de organização da sala de aula. A história científica contada pelo professor pode ser interpretada como o conteúdo escolar das aulas e é classificado por Mortimer e Scott (2003) em duas categorias:

- cotidianos-científicos;
- empíricos-teóricos.

A categoria dos conteúdos cotidianos e científicos diz respeito a conteúdos do dia a dia e a conteúdos das teorias da ciência abordados em sala de aula. Os conhecimentos empíricos são os relacionados a experimentos e são classificados

também como teóricos porque se utilizam de conhecimentos vindos da teoria para explicar uma situação. Para contar a história científica, o professor utiliza diferentes formas de abordagem que estão explicitadas no Quadro 7.

Descrição	O que é dito com relação a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos dos seus constituintes. Não envolve a proposição de algum mecanismo ou modelo de explicação para o que é observado. A descrição é considerada empírica, quando feita em termos de aspectos observáveis, e teórica, quando leva em conta entidades que não são observáveis.
Explicação	É elaborada no sentido de estabelecer relações entre os fenômenos e os conceitos, usando algum modelo ou mecanismo para a compreensão dos fenômenos. Da mesma maneira que nas descrições, as explicações podem ser empíricas, quando são elaboradas a partir de aspectos observáveis do fenômeno, e teóricas, quando estão fundadas em modelos baseados em aspectos não-observáveis.
Generalização	Vai além da descrição e da explicação, pelo fato de não estar limitada a um fenômeno particular, expressando propriedades gerais de entidades científicas, da matéria ou de classes de fenômenos. As generalizações podem ser descritivas ou explicativas por natureza, e, como nos casos anteriores, pode ser considerada empírica quando se refere a aspectos observáveis, e teórica, quando leva em conta o modelos baseados em aspectos não observáveis.

Quadro 7- Descrição, Explicação e Generalização (MORTIMER; AMARAL, 2009, p.6).

4.3.3 Abordagem Comunicativa

O conceito da abordagem comunicativa é a forma com que o professor trabalha com os alunos para abordar as diferentes ideias que aparecem durante uma aula de ciências (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.469). Existem quatro classes identificadas de abordagem comunicativa que são caracterizadas a partir do diálogo entre professor e aluno e que podem ser definidas em termos de duas dimensões: dialógica ou de autoridade; interativa ou não interativa (Quadro 8) (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.287).

A dimensão dialógica caracteriza-se pelo diálogo do professor com os estudantes em que vários pontos de vista são compartilhados, o professor e os alunos trazem ideias novas e escuta como os alunos trabalham com elas, como eles organizam a informação e as ideias em diferentes padrões.

Na dimensão de autoridade, só existe um ponto de vista, não são exploradas outras ideias. Além de dialógica ou de autoridade, as abordagens comunicativas têm outras duas dimensões: as interativas e não interativas. Essas dimensões estão relacionadas à participação de uma ou mais pessoas. A dimensão não interativa tem normalmente somente o professor falando e os alunos calados escutando. Combinando as quatro dimensões, pode-se classificar as sequências discursivas em sala de aula de acordo com o esquema da tabela abaixo.

Discurso	Interativo	Não Interativo
Dialógico	Interativo /Dialógico	Não Interativo /Dialógico
De autoridade	Interativo /De autoridade	Não Interativo /De autoridade.

Quadro 8- Classificação da abordagem comunicativa (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.578).

4.3.3.1 Abordagem comunicativa interativa de autoridade.

Nesse tipo de abordagem há interação entre o professor e os alunos já que é classificada como interativa (existe mais de um ponto de vista em questão), mas o professor se mantém como autoridade. Por exemplo, as contribuições dos alunos são limitadas a afirmações, a considerações, e o professor conduz o diálogo com o objetivo de uma resposta a suas questões, prestando pouca atenção às ideias dos estudantes.

A abordagem de autoridade não permite a aproximação e a exploração de ideias. Aqui, o professor chama a atenção para o ponto de vista de ciências da escola. Se as ideias ou dúvidas, que não contribuem para o desenvolvimento da história de ciências da escola, são levantadas pelos alunos, são ignoradas pelo professor. Alternativamente, se uma ideia de um estudante é percebida pelo professor como sendo útil para o desenvolvimento da história científica, é susceptível de ser aproveitada e utilizada. Dessa maneira, o discurso de autoridade está fechado para os pontos de vista dos outros, é definido com antecedência pelo professor. Mais de uma opinião pode ser ouvida, através das contribuições dos diferentes alunos, mas não há exploração de diferentes perspectivas, e não troca explícita de ideias, uma vez que as contribuições dos alunos não são levadas em conta pelo professor, a menos que sejam compatíveis com o desenvolvimento das ciências desenvolvidas. (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006, p.610-611).

4.3.3.2 Abordagem comunicativa interativa dialógica

Quando o professor utiliza a abordagem interativa dialógica, ele escuta o ponto de vista dos alunos e leva em conta o que o estudante tem a dizer, mesmo que o que ele tenha a dizer seja diferente do ponto de vista científico (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.585). O professor e os estudantes exploram ideias, gerando novos significados, colocando questões pertinentes ao assunto, escutando diferentes pontos de vista (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.634).

4.3.3.3 Abordagem não interativa de autoridade

Essa abordagem ocorre principalmente em momentos em que somente o professor fala, ele é a autoridade em sala de aula, e o aluno copia, escuta e não existe nenhum tipo de interação entre eles. Somente um único ponto de vista é apresentado nesse tipo de interação.

4.3.3.4 Abordagem não interativa dialógica

Pode parecer uma contradição falar em uma abordagem que seja não interativa e dialógica ao mesmo tempo, mas um exemplo desse tipo ocorre quando o professor utiliza exemplos de ponto de vistas variados de alunos (por isso dialógica) para apresentar o assunto científico, mas não interage com os estudantes.

4.3.4 O locutor e os padrões de interação

O locutor é quem detém o turno da fala. Na análise realizada nesse trabalho e apresentada a seguir, é possível identificar o nome de cada pessoa à frente do turno de fala. No caso das professoras em formação inicial, optou-se por colocar somente professora à frente do turno de fala, com o objetivo de facilitar a leitura.

Os padrões de interação são observados no diálogo entre o professor e o aluno, Mortimer e Scott (2003) definem uma sequência triádica de interação muito comum em aulas de ciência, chamada de I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor). Na sequência I-R-A o professor realiza uma pergunta

para o aluno (I), espera a sua resposta (R) e no final da sequência faz uma avaliação dessa resposta (A). Segundo Mercer e Hodgkinson (2008),

Esse tipo de troca é super comum hoje, e não é difícil entender por quê. Os professores usam questões para ter acesso ao entendimento dos estudantes e para checar a atenção deles, para encorajar participação e para fornecer *feedback* sobre o que ouvem (MERCER; HODGKINSON, 2008, p.74).

As trocas caracterizadas como triádicas de cadeia fechada, iniciação-resposta e avaliação do professor têm algumas regras implícitas como :

- somente o professor pode nomear quem vai falar;
- somente o professor pode fazer uma pergunta, sem pedir permissão;
- somente o professor pode avaliar um comentário feito por um participante;
- a função dos alunos é tentar dar respostas às questões do professor;
- os alunos não devem falar livremente quando um professor faz uma pergunta, mas devem levantar as mãos e esperar para serem nomeados. (MERCER; HODGKINSON, 2008, p.74).

Outro padrão de comunicação que ocorre em sala de aula é uma cadeia de interações do tipo I-R-F-R-F (iniciação-resposta-feedback-resposta-feedback), aberta, em que o professor dá o *feedback* ao aluno na forma de uma pergunta, o que ajuda o estudante a reelaborar seu conhecimento. Existe também outro padrão não triádico do tipo I-R-P-R-P... em que P significa uma ação discursiva do professor de permitir o prosseguimento da fala do aluno e dar prosseguimento à sua fala.

4.3.5 As intervenções do professor

O aspecto da ferramenta de análise de Mortimer e Scott (2003) denominado intervenções do professor é a maneira como este interfere no desenvolvimento da história científica contada em uma aula de ciências. Seis maneiras de fazer essa intervenção já identificadas estão esquematizadas no Quadro 9, que é uma compilação do trabalho de (MORTIMER; SCOTT, 2003) e (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Intervenção do professor	Foco	Ação que o professor executa
Dar forma a ideias (aos significados).	Trabalhar com as ideias, desenvolver a história científica.	Introduzir termos novos; parafrasear as respostas dos alunos; diferenciar as ideias dos alunos.
Selecionar significados.		Focar a atenção em uma resposta de um estudante em particular; deixar passar a resposta de um estudante.
Marcar ideias importantes (significados-chave).		Repetir uma ideia; pedir um estudante para repetir uma ideia; ordenar uma troca de confirmação com um estudante; usar uma entonação de voz particular (específica).
Compartilhar significados	Tornar os significados disponíveis a todos os estudantes na sala de aula.	Compartilhar as ideias individuais dos estudantes com toda a classe; pedir um estudante para repetir uma ideia para a classe; compartilhar achados de grupos de estudantes; pedir aos alunos que preparem pôsteres resumindo as suas visões sobre os assuntos científicos.
Verificar o aprendizado dos estudantes (chegar o entendimento dos estudantes).	Sondar os significados que alunos fazem de determinados assuntos científicos.	Pedir esclarecimentos sobre as ideias dos estudantes; pedir aos alunos que escrevam uma explicação; verificar o consenso na sala de aula sobre certas ideias.
Revisar (rever o progresso da história científica).	Recapitular e antecipar significados.	Resumir os achados de um experimento em particular; recapitular atividades das lições passadas; analisar a evolução da história científica até o momento.

Quadro 9- Intervenções do professor (MORTIMER; SCOTT, 2003, p.711) e (MORTIMER; SCOTT, 2002).

4.4 A transcrição dos dados

Os episódios de ensino que serão analisados no próximo capítulo foram filmados, utilizando-se duas câmeras fixas posicionadas em frente às bancadas, em que as futuras professoras realizavam, juntamente com os alunos, a mediação da instrução pelos colegas. Foram gravados também os áudios com gravadores colocados sobre as bancadas, em que todos os diálogos entre alunos e as futuras professoras foram transcritos. Para realizar as transcrições, os registros foram totalmente fiéis, utilizando-se dos sinais detalhados a seguir:

- ... reticências para marcar qualquer tipo de pausa, no lugar dos sinais típicos da língua escrita, como ponto final, vírgula, ponto de exclamação, dois pontos e ponto e vírgula. O único sinal de pontuação a ser mantido é o ponto de interrogação;

- () para hipóteses do que se ouviu;
- (()) para inserção de comentários do pesquisador;
- :: para indicar prolongamento de vogal ou consoante;
- / para indicar truncamento de palavras;
- -- para silabação;
- letras maiúsculas para entonação enfática;
- para turnos superpostos (falas superpostas), utilizou-se o deslocamento (_____) e colchetes ([]) no caso de falas simultâneas;
- para representar a simultaneidade das diversas linguagens , por exemplo, oral e gestual, alterou-se a formatação da fonte, empregando letras em negrito, itálico ou sublinhado (SANTOS; GRECA, 2011).

5 A análise dos dados

O capítulo 5 que contém a análise de dados estrutura-se na triangulação de dados referentes às duas professoras em formação inicial, Daniela e Clara, escolhidas para o estudo de caso dessa pesquisa. A análise permite examinar o comportamento das futuras professoras por meio de uma entrevista e um questionário anterior ao minicurso, a análise discursiva dos episódios de ensino que aconteceram durante o minicurso e uma entrevista final juntamente com um questionário que foi aplicado após o minicurso.

5.1 A futura professora Daniela

Uma das alunas escolhidas para o estudo de caso era estudante do primeiro período do curso de licenciatura em ciências exatas da USP-Campus de São Carlos, tinha 19 anos e não apresenta nenhuma dúvida quanto à sua vontade de ser professora. Na sua entrevista inicial, ela relata os seus desejos quanto à carreira docente:

na verdade eu sempre quis licenciatura desde quando eu pensei em começar a prestar vestibular isso foi desde o primeiro colegial nunca quis mudar só tinha dúvida antes do que eu queria fazer e eu sempre admirei muito a carreira de professor e sempre soube dos desafios mesmos (informação verbal)¹³

A futura professora relata que gosta de física e que ingressou no PIBID porque acredita ser uma boa experiência no começo do seu curso de licenciatura, pois lhe permitirá entender como funciona a dinâmica e a preparação para dar aulas. Na sua entrevista, Daniela aponta uma diferença entre expor o conteúdo em uma sala de aula e aprender um conteúdo na Universidade:

na hora que você tá lá expondo o conteúdo é muito diferente assim porque principalmente para os professores que estão começando sabe porque você aprende muita coisa na universidade... mas na hora que você vai passar isso para os alunos é diferente (informação verbal)¹⁴

¹³ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (16 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice A dessa tese.

¹⁴ Id., 2013.

Ela acredita que, para dar aulas, é necessário um planejamento não só do conteúdo, mas também da maneira como esse conteúdo será “passado” para os alunos. Ao ser questionada, na entrevista sobre o que achou das aulas tradicionais a que assistiu sobre Física Quântica, ela diz que não deu para saber até que ponto o aluno entendeu as aulas; *“você não conseguia saber se os alunos realmente estavam entendendo sabe...eles estavam ouvindo mas entendendo a gente não teve aquele feedback”* (informação verbal)¹⁵.

A futura professora considera o assunto de Física Quântica muito complicado e diz que, para dar aulas desse conteúdo, é necessário um planejamento maior do que em relação a outros assuntos. Daniela não tinha tido, no seu curso de licenciatura nem no ensino médio, nenhum contato com conteúdos de Física Quântica, o que só ocorreu no projeto PIBID. Ela considera o assunto importante para a formação do estudantes, porque explica aos alunos *“de onde vêm as coisas”*, o que é capaz de gerar um maior interesse.

Ao ser perguntada sobre o que é necessário para ser uma boa professora de física, Daniela responde que a boa professora deve dominar os conteúdos e que isso pode ser conseguido por meio de uma boa formação acadêmica, *“levar muito...sempre ter levado muito a sério seus estudos e nunca ter desprezado nada na universidade...”* (informação verbal)¹⁶. Em relação à transmissão de conteúdos pelo professor, Daniela acredita que este tem que se aproximar dos alunos, *“olhar individualmente”* para cada estudante, *“fazer as pessoas entenderem o que ele está passando... não simplesmente resolver o exercício”* (informação verbal)¹⁷.

Antes de aplicar a metodologia proposta em sala de aula, os futuros professores tiveram uma preparação para conhecer o método e se habilitar para aplicá-lo. Para Daniela, que participou dessa preparação, o professor, ao aplicar a metodologia, *“não deve se ver como o único... a única pessoa que sabe ali”* (informação verbal)¹⁸. O professor, segundo ela, deve entender que cada aluno tem uma dificuldade, deve construir o conhecimento junto com os estudantes e se preocupar em fazer o aluno entender o assunto.

¹⁵ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (16 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice A dessa tese.

¹⁶ Id., 2013.

¹⁷ Id., 2013.

¹⁸ Id., 2013.

Quando perguntada se está apta a fazer uma aula invertida, a futura professora responde que não sabe, porque ela está começando e que isso tudo é uma novidade para ela;

dando aula agora pra mim é novidade aula dar uma aula expositiva eu fico imaginando dar uma aula invertida sabe eu não sei como eu vou me comportar direito eu não sei como eu vou cobrar a responsabilidade dos alunos (informação verbal)¹⁹.

Ela aponta que os professores, na sua opinião, gostam mais da aula tradicional devido à menor exposição que eles sofrem nesse tipo de aula.

eu acho que muitos professores gostam mais da aula expositiva e tradicional porque você se colocar como um quase aluno ali no meio daquelas pessoas e entender cada um é muito difícil você se interagir com tudo mundo do que você lá expor conteúdo e se interagir com quem vem procurar (informação verbal)²⁰.

Daniela também acredita que, se o conhecimento for construído com conversa e dinâmica, isso ajudará no entendimento da Mecânica Quântica, “*um assunto complexo*”.

Ao ser questionada sobre o que é uma inovação curricular, a futura professora diz que é “*algo fora do padrão*” e que acredita que, com muita preparação e dedicação, será capaz de implementar uma.

5.2 Os episódios da futura professora Daniela

5.2.1 Episódio 1- O mundo clássico e o mundo quântico

A primeira atividade do minicurso sobre o experimento da dupla fenda consistia na leitura de um trecho do livro *Alice no País do Quantum* (GILMORE, 1998). O excerto, retirado do livro, era um diálogo entre três personagens: Alice, o mecânico clássico e o mecânico quântico, em que cada um descrevia características dos seus mundos. Após a leitura do texto, realizada em sala, foi proposta uma questão aos alunos com o objetivo de classificar se a precisão do fenômeno das bolas de bilhar disparadas em uma mesa (Figura 4) era pertencente ao mundo

¹⁹ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (16 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice A dessa tese.

²⁰ Id., 2013.

clássico, quântico ou aos dois mundos. As porcentagens de erros e acertos, antes e após a instrução pelos colegas, registradas nos Gráficos 1 e 2 a seguir, mostram um aumento de 40% no número de respostas corretas, após a discussão entre os pares.

Classificar as seguintes características e fenômenos como pertencentes ao mundo clássico, ao mundo quântico ou aos dois mundos

Precisão das posições da bola de bilhar disparada em uma mesa

- a) mundo clássico.
- b) mundo quântico
- c) mundo clássico e quântico.

Figura 4- Teste conceitual sobre as precisões das bolas de bilhar

Gráficos 1 e 2- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas (Gráfico 1) e depois da instrução pelos colegas (Gráfico 2). As barras pretas indicam a alternativa correta.

No início do episódio, todos os estudantes da bancada descobrem que escolheram o mundo clássico como resposta à questão, a alternativa correta é a letra A. A futura professora então, no turno 11, sugere que os estudantes busquem respostas diferentes das suas, para enriquecer a discussão.

- 1 Estudante 1: você respondeu o quê?
- 2 Estudante 3: A
- 3 Estudante 1: todo mundo aqui respondeu a A
- 4 Estudante 2: você respondeu o quê? ((se dirigindo ao estudante 1))
- 5 Estudante 1: A
- 6 Estudante 1: ahn?
- 7 Estudante 2: eu também respondi a A
- 8 Estudante 1: também respondeu a A?((o estudante 2 faz sinal afirmativo com a cabeça)) todo mundo respondeu a A aqui... né?

9 Professora²¹: *vocês têm que ver o que o pessoal da outra bancada respondeu... todo mundo aqui respondeu a mesma alternativa?*

10 Estudante 1: *é*

11 Professora: *tá... então, vocês podem trocar ((a futura professora se refere às outras bancadas)) eu quero que vocês discutam o que vocês responderam... será que todo mundo de trás respondeu a mesma coisa? ((os estudantes viram para a bancada de trás e descobrem uma aluna... a estudante 4 que respondeu diferente- a letra B)).*

Ao virarem para trás, os estudantes 1 e 2 encontram a estudante 4, que tem uma escolha diferente, a letra B. Ao explicar o motivo da sua escolha, a estudante 4 é confrontada pelo argumento do estudante 1: *“não é porque está no mundo quântico que o mundo clássico vai ser o errado”*. O aluno diz que o fato de o jogador de bilhar relatado no livro estar no mundo quântico não indica que o que ele conta sobre o mundo clássico está errado. No turno 20, o estudante 1 diz que a Física Quântica surgiu da clássica, a intenção do aluno é reforçar o seu argumento de que o mecânico quântico poderia contar sobre o mundo clássico, já que há relação entre eles.

Dos turnos 14 ao 17, identifica-se uma cadeia do tipo I-R-F-R aberta com um *feedback* da professora no turno 16, os estudantes explicitam as suas ideias sobre o que leram no texto e sobre o que pensam sobre o mundo quântico e clássico. O *feedback* dado pela futura professora do turno 16 ajuda os alunos na instrução pelos colegas, já que eles discutem entre si sobre o que leram no texto e chegam a um acordo de que a alternativa escolhida pela estudante 4 não era correta, explicitando seus motivos.

12 Estudante 1: *por que você respondeu a B?*

13 Estudante 4: *porque o cara magrelo lá falou assim... ((risos))... ele estava contando como era o mundo clássico e estava no mundo quântico... então ele não estava no mundo clássico... estava no mundo quântico falando do mundo clássico.*

14 Professora: *todo mundo entendeu o que ela falou? ((O estudante 2 faz um gesto afirmativo com a cabeça))*

15 Estudante 1: *mas eu não concordo*

16 Professora: *por que você não concorda?*

17 Estudante 2: *pela explicação eu entendi que era pelo mundo clássico*

18 Estudante 1: *é ((concordando com o estudante 2)) porque tipo... não é porque está no mundo quântico que o mundo clássico vai ser o errado ((a estudante 1 fala olhando para a futura professora))*

19 Estudante 2: *sim ((o estudante 2 concorda com a estudante 1))... ele poderia estar usando as coisas do clássico*

20 Estudante 1: *porque a física quântica ela surgiu da clássica*

²¹ Optamos por colocar nas transcrições o termo professora, para facilitar a leitura. É importante ressaltar que se trata de uma professora em formação inicial.

No turno 21 a futura professora faz uma iniciação que auxilia no andamento da instrução pelos colegas, ela ressalta a importância de se discutir as diferenças entre o mundo clássico e o quântico, querendo saber se os alunos conseguiram separar as características dos dois mundos. A partir dessa intervenção, os estudantes 1 e 2 caracterizam o mundo quântico como: “*tudo bem estruturado*”; *bem estruturadinho*; *bem pensado*; “*mais abstrato*” que são expressões da linguagem cotidiana dos alunos. A futura professora encerra o episódio fazendo perguntas ao estudante 3, que ficou a maior parte do tempo calado, com o objetivo de que ele participasse da discussão.

- 21 Professora: muito bem... tá e... deixa eu fazer uma pergunta pra vocês... vocês conseguiram separar a diferença entre os dois... então igual eu tinha comentando lá no fundo... a diferença entre o mundo clássico e o quântico?
- 22 Estudante 2: o mundo quântico é tudo bem estruturado... pensado... não sei
- 23 Estudante 1: não o clássico
- 24 Estudante 2: não é o contrário? ((pergunta para o estudante 1))
- 25 Estudante 1: é o clássico... não é? ((se dirige à professora)) **[é mais bem estruturadinho]**... é bem pensado... é tudo como a gente
- 26 **A professora faz um gesto afirmativo com a cabeça e concorda com o aluno 1, simultaneamente à sua fala.**
- 27 Estudante 1: tudo calculadinho... o mundo quântico é mais abstrato... não é? ((pergunta pra futura professora))
- 28 Estudante 2: por isso que a gente achou que (inaudível).
- 29 Professora: e você ((se dirige ao estudante 3)) tem alguma opinião sobre o que você leu? ((o estudante 2 ri da pergunta da professora dirigida ao estudante 3))
- 30 Estudante 3: eu respondi a A ((fala se dirigindo ao estudante 2))

Intenções da futura professora	Introduzir os alunos ao mundo quântico. Investigar a visão dos alunos sobre o mundo quântico e sobre o mundo clássico e as suas diferenças. Manter o desenvolvimento da história científica (mundo quântico e mundo clássico).
Conteúdo	Classificar se a precisão do fenômeno das bolas de bilhar disparadas em uma mesa pertencia ao mundo clássico, ao mundo quântico ou aos dois mundos
Abordagem Comunicativa	Interativa/Dialógica
Padrões de Comunicação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora verificou o que cada aluno escolheu como alternativa correta para o teste e estimulou a discussão entre ideias diferentes. Ressaltou ideias importantes como a diferenciação entre o mundo clássico e o quântico.

Quadro 10- Síntese aspectos chave episódio 1.

A abordagem comunicativa presente nesse episódio é do tipo interativa dialógica. A futura professora interage com os estudantes a partir dos pontos de vista explicitados por eles e os auxilia na instrução pelos colegas com um *feedback* “por que você não concorda”; e uma iniciação “vocês conseguiram separar a diferença entre os dois... então igual eu tinha comentando lá no fundo...a diferença entre o mundo clássico e o quântico”.

5.2.2 Episódio 2 - Interferência

O episódio 2 corresponde a uma pergunta sobre o fenômeno da interferência, se essa é um fenômeno que pertence ao mundo quântico, clássico ou aos dois mundos (Figura 5).

Os Gráficos 3 e 4, a seguir, apontam que houve um aumento percentual de 22% no número de alunos que escolheram a resposta correta da letra C, após a instrução pelos colegas, chegando a 77% de respostas corretas.

Classificar as seguintes características e fenômenos como pertencentes ao mundo clássico, ao mundo quântico ou aos dois mundos

Interferência

a) mundo clássico.

b) mundo quântico

c) mundo clássico e quântico.

Figura 5– Teste sobre o fenômeno da interferência

Gráficos 3 e 4- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio 2 começa com estudantes 1, 2 e 3 explicitando a todos do grupo que escolheram a resposta correta para a questão: de que a interferência ocorre tanto no mundo clássico quanto no mundo quântico. No turno 5, os estudantes são então questionados pela futura professora sobre o que é a interferência. Ela quer sondar o entendimento dos alunos sobre o fenômeno da interferência. Apesar de terem escolhido a resposta correta, os alunos não sabem explicar o fenômeno (turnos 6,7 e 8). Ao perceber que o estudante 1 utiliza a apostila do minicurso para checar o conteúdo, a futura professora confirma com os alunos que a resposta está no livro (turno 9). No turno 12, a professora atribui à leitura feita ao entendimento da questão, ela acredita que pelo fato de os estudantes terem lido sobre interferência na apostila, deveriam saber explicar o fenômeno.

- 1 Professora: por que vocês aqui colocaram letra C?
- 2 Estudante 1: eu coloquei a letra C porque::: a interferência ela pode acontecer no mundo clássico e no mundo quântico porque tipo com os átomos né com o mundo quântico não é... não... é... é não é?... é o negócio de... ((o aluno 1 se dirige à professora))
- 3 Estudante 2: os dois... né... interferência... tá ((o aluno 2 se dirige à futura professora))
- 4 Estudante 1: é que tem interferência nos dois
- 5 Professora: o que é a interferência? você sabe me dizer o que é?
- 6 Estudante 1: ah não... estou confundindo
- 7 Estudante 3: que classifica a propriedade das ondas ((o estudante 3 também se dirige a futura professora))
- 8 Estudante 1: é... estava falando das ondas ((estudante pega a apostila e procura a parte do texto))
- 9 Professora: no livro ele vai falar... né?
- 10 Estudante 1: é ((ainda procurando na apostila a parte referente no texto))
- 11 Estudante 2: é... aqui tá falando ó
- 12 Professora: então vocês não entenderam a leitura... todo mundo aqui colocou a letra C... são espertos... gente
- 13 Estudante 1: ou sorte... risos

No turno 17, a professora insiste na pergunta do que é a interferência e o estudante 1 responde que “é quando uma onda tromba na outra”, dá uma explicação utilizando um termo do cotidiano, que é substituído pela professora por um termo científico no turno seguinte, “é quando a gente tem uma sobreposição de ondas”.

No turno 18, a professora faz iniciação com a pergunta apresentada na questão do porquê a interferência pode acontecer no mundo clássico e no mundo quântico. A resposta do estudante 1 é que acontece interferência nos dois mundos, já que “tem onda no mundo clássico e no mundo quântico”. No turno 20, a futura

professora, repetindo a resposta da estudante 1, pergunta aos alunos: “*por que que as ondas estão no mundo clássico e também no mundo quântico?*”.

Dos turnos 14 ao 17, há a presença de uma cadeia do tipo I-R-F-R com um *feedback* da professora no turno 16. No turno 16, a professora repete o que o estudante diz no turno 15 de que “*a interferência ocorre nas ondas*” e faz uma pergunta sobre o que é a interferência, direcionando a discussão. A repetição das ideias dos alunos tem a função de selecionar as ideias importantes e disponibilizar para todos os estudantes.

14 Professora: *bom... a pergunta que eu fiz vocês sabem me dizer o que é interferência?*

15 Estudante 1: *interferência ocorre nas ondas*

16 Professora: *ocorre nas ondas... mas o que ela é?*

17 Estudante 1: *é quando uma onda tromba na outra ((a estudante faz um gesto entrelaçando os dedos))*

18 Professora: *é quando a gente tem uma sobreposição de ondas... certo? ((A professora repete o gesto do estudante 1 de entrelaçamento dos dedos)) vocês sabem me dizer o porquê de ela poder acontecer no mundo clássico e no mundo quântico?*

19 Estudante 1: *porque tem onda no mundo clássico e no mundo quântico ((os estudantes e a professora riem da resposta dada pela estudante 1))*

20 Professora: *tá... se a gente for... vocês entenderam a leitura do texto... se a gente for medir as diferenças entre o mundo clássico e mundo quântico... certo? pensando nas diferenças dos dois mundos... vocês conseguem me dizer por que que as ondas estão no mundo clássico e também no mundo quântico?*

21 Estudante 2: *ah:..... porque no mundo clássico as ondas teriam uma direção correta assim ((faz um gesto com a mão indicando uma linha reta))*

22 Professora: *tá ((essa fala da professora não tem sentido afirmativo e sim de um feedback para a continuação do episódio))*

23 Estudante 1: *NÃO... eu acho que assim porque no mundo clássico as ondas são tipo ondas de água e tal e no mundo quântico eu acho que é onda de tipo... onda eletromagnética... onda sonora e tal*

No turno 24, a futura professora faz uma intervenção de autoridade descrevendo teoricamente a questão da trajetória nos dois mundos. Ela ignora a resposta da estudante 1 dada a sua pergunta sobre os tipos de ondas existentes no mundo clássico e quântico (turno 23), modificando completamente o assunto da discussão.

No turno 27, a professora utiliza uma linguagem com conteúdo científico e realiza uma explicação sobre a questão da medida no mundo clássico e quântico do ponto de vista teórico. Do turno 27 ao 29, temos um padrão de discurso do tipo I-R-A, com a futura professora fazendo uma avaliação da resposta dada pelo estudante 1 sobre a questão da incerteza da medida no mundo quântico. Ao final do episódio, a

futura professora comete um erro conceitual ao dizer que uma partícula se comporta como uma onda; *vocês vão ver que uma partícula se comporta como uma onda*”.

24 Professora: *bom então vamos pensar assim...no nosso mundo clássico então a gente conseguia medir a trajetória específica de uma partícula... certo? só que se essa partícula ela é uma onda... a gente consegue medir a trajetória específica ali de uma onda*

25 Estudante 2: *acho que dá ((o estudante 2 faz um gesto afirmativo com a cabeça))*

26 Estudante 1: *o quê?*

27 Professora: *ó pensa assim... no mundo clássico a gente tem uma partícula e a gente consegue medir a posição específica dessa partícula... certo... a gente sabe exatamente o momento linear dessa partícula onde ela está... a posição dela e agora se essa partícula ela se comporta como uma onda... a gente sabe medir... a gente sabe onde ela exatamente está?... pensa numa onda*

28 Estudante 2: *não ela pode ir pra qualquer lugar... a gente não vai saber certamente onde*

29 Professora: *exatamente então por isso... vocês chegaram a ver o final do capítulo... a gente vai ter essa dualidade onda partícula... vocês vão ver que uma partícula se comporta como uma onda.. eu vou explicar melhor pra vocês... entendeu?*

30 Estudante 1: *aham*

A futura professora estabelece com os estudantes uma abordagem interativa dialógica, quando faz perguntas para os alunos e, a partir das respostas dos estudantes, elabora outras questões. Por exemplo, quando a estudante afirma ter ondas no mundo clássico e quântico, a professora utiliza essa resposta para perguntar por que as ondas estão nos dois mundos. Nesse mesmo episódio, a professora também estabelece uma abordagem interativa de autoridade quando introduz o conceito de trajetória (turno 24 a 30).

Intenções da professora	Explorar as ideias dos estudantes sobre interferência. Desenvolver a história científica de que uma partícula pode se comportar como uma onda e que a interferência é um fenômeno pertencente aos dois mundos.
Conteúdo	Verificar se a interferência é um fenômeno do mundo clássico, do mundo quântico ou dos dois mundos.
Abordagem Comunicativa	Interativa/ dialógica Interativa/de autoridade (turno 24 ao 30).
Padrões de interação	I-R-F I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora realizou perguntas com o intuito de obter explicações dos alunos sobre o fenômeno da interferência e verificar se os alunos compreendem o fenômeno. Repetiu frases dos estudantes marcando ideias importantes e disponibilizando as ideias para os outros alunos. Introduziu novas ideias como a questão da trajetória e da medida no mundo clássico e quântico.

Quadro 11 - Síntese pontos-chave de episódio 2.

5.2.3 Episódio 3 – Experimento de Young

Antes de apresentar o teste conceitual do episódio 3, a futura professora mostra aos alunos o simulador de ondas na água²². Ela demonstra utilizando o *software* do simulador a interferência que acontece com a onda produzida na água ao passar por dois orifícios e sofrer a dupla difração. Na apresentação da futura professora, ela utiliza o simulador para enfatizar as condições em que a onda sofre difração (variação do tamanho da fenda e a proximidade da fenda ao anteparo).

Após essa demonstração, a futura professora apresenta um teste conceitual sobre o experimento de Young, difração da luz por duas fendas. O teste verifica se o aluno consegue relacionar a figura mostrada na questão, da sobreposição de duas fontes ondulatórias, com regiões de interferência construtiva (claras) e destrutivas (escuras), projetadas em um anteparo (Figura 6). O teste é importante para o entendimento do fenômeno quântico, apesar de ser um teste da física clássica²³.

O aumento percentual de respostas corretas após a instrução pelos colegas desse teste é de 25 %; antes da discussão entre pares, metade dos estudantes tinha marcado a resposta correta (Gráfico 5) e, depois da discussão, 75 % dos estudantes optaram pela resposta correta (Gráfico 6).

Gráficos 5 e 6- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

²² O simulador utilizado foi o da interferência de ondas, disponível no endereço http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-interference.

²³ Opta-se por fazer uma abordagem clássica anterior à abordagem quântica do experimento da dupla fenda, já que acredita que é necessário o entendimento do fenômeno clássico para facilitar o entendimento do fenômeno quântico. (MONTENEGRO; PESSOA JR., 2002; OSTERMANN; PRADO; RICCI, 2008).

O padrão de interferência de duas fontes ondulatórias está representado a seguir em um desenho original feito por Thomas Young (fig.1), em que os círculos escuros representam as cristas da onda e os espaços em branco os ventres.

FIG. 1

Se atrás desse experimento for colocado uma tela os pontos C,D,E e F iriam representar regiões

- a) claras
- b) escuras

Figura 6- Teste sobre o experimento de Young

O episódio inicia-se com a futura professora orientando os estudantes a perguntar aos amigos a alternativa que cada um escolheu e verificar na outra bancada as respostas dos outros estudantes. A intenção da professora é orientar os estudantes a como iniciar a instrução pelos colegas, fazer um levantamento das respostas ao seu redor e, a partir daí, iniciar a discussão.

- 1 Professora: *aquele mesmo esquema... vamos perguntar para os amigos o que vocês marcaram*
- 2 Estudante 2: *A*
- 3 Estudante 1: *marcamos a A*
- 4 Professora: *tá... por que vocês marcaram a A?*
- 5 Estudante 2: *porque estava no final (inaudível)*
- 6 Professora: *por que vocês acham que vai ficar claro... então? quero que vocês discutam entre si e... perguntem a resposta... todos vocês colocaram letra A? então perguntem para os colegas de trás ((os alunos se viram pra bancada de trás e a professora espera em silêncio))*

No turno 7, a futura professora pergunta aos estudantes por que eles acham que a região é A é clara. Ao responder a pergunta feita pela futura professora, a estudante 1 modifica sua resposta. No turno seguinte (turno 9), Daniela relaciona o que está apresentado no teste com o que foi mostrado no simulador, fazendo uma diferenciação das ideias entre o simulador e a situação do teste. Após esse

momento, os estudantes trocam a resposta para escuro sem apresentar motivos (turno 10 e 11).

7 Professora: *por que vocês acham que é letra A? por que que vocês acham que fica claro?*

8 Estudante 1: *eu achava que ficava claro porque:..... ah eu errei... cara... tá na cara que é escuro... quem falou que era A?*

9 Professora: *oh... vamos... pensa lá no simulador... quando a gente manda ondas lá... o que acontece... a gente vai ter interferência... não ia ? tá... pensando no conceito de interferência... vai imagina aquele simulador que ela colocou... lembra que a professora falou... vamos lá... se eu colocar duas fendas agora... o que vai acontecer... pensa lá nas ondas batendo lá no anteparo tá... o que que você acha que ia acontecer... você acha que é só claro?*

10 Estudante 2: *é escuro*

11 Estudante 1: *é*

Percebendo que os estudantes apenas trocaram de resposta sem apresentar as razões, a futura professora questiona se eles compreenderam o motivo de a região formada ser escura; essa intervenção tem o objetivo de verificar se eles entenderam o que foi discutido. O estudante 1 dá uma resposta que serve tanto para uma região clara quanto uma escura (turno 13). No turno 14, a professora dá uma explicação empírica já que é baseada no experimento virtual mostrado anteriormente e introduz o conceito de intensidade.

Do turno 12 ao 14, temos a presença de um padrão de comunicação de cadeia fechada do tipo I-R-A entre a futura professora e o estudante 1, com a avaliação da resposta do estudante no turno 14.

12 Professora: *mas vocês entenderam por que é escuro?*

13 Estudante 1: *porque... dá uma interferência*

14 Professora: *a gente vai ter uma interferência... né... a gente vai ter um topo de uma onda encontrando com a parte de baixo de outra onda... né...então elas vão se anular...naquela parte que elas vão se anular é a parte que a gente vai ter...é a parte que fica escuro no anteparo... a parte clara seria onde elas iriam se somar... então vai ter mais intensidade de luz... tá?*

15 Estudante 2: *((faz um gesto positivo com a cabeça))*

16 Estudante 1: *sim*

A abordagem comunicativa presente nesse episódio é interativa de autoridade, a professora interage com os estudantes por meio de perguntas, e eles se limitam a responder às questões, a interação não parte do ponto de vista dos alunos. Daniela tem sucesso em guiar os alunos à conclusão correta, com os questionamentos apresentados.

Intenções da professora	Explorar a visão dos estudantes, verificar o que eles entendem por regiões claras e escuras. Guiar os estudantes para trabalhar com o conceito de claro e escuro relacionando-os à interferência construtiva e destrutiva, respectivamente.
Conteúdo	Identificar se são formadas regiões claras ou escuras em um anteparo colocado atrás do experimento de interferência com a luz (experimento de Young).
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora realizou perguntas com o intuito de obter explicações dos alunos sobre por que eles escolheram a opção claro. Fez perguntas com o objetivo de verificar se os estudantes entenderam o conceito de claro e escuro e conseguiram relacionar com a interferência. Relacionou a questão apresentada no teste com o simulador de ondas na água que foi apresentado na aula.

Quadro 12- Síntese pontos-chave do episódio 3.

5.3.4 Episódio 4 – Experimento da dupla fenda com partículas

O episódio 4 apresenta um teste conceitual sobre o experimento da dupla fenda com partículas (balas disparadas por uma metralhadora) (Figura 7). É perguntado no teste qual será a distribuição das balas em um anteparo, caso as duas fendas estejam abertas simultaneamente, e as balas sejam disparadas durante um intervalo de tempo. O objetivo dessa questão é introduzir a ideia científica de distribuição probabilística, importantíssima para o estudo da Mecânica Quântica. As alternativas de resposta da questão são apresentadas em dois gráficos diferentes: o primeiro gráfico (o da letra A) representa uma distribuição probabilística característica do fenômeno da interferência; o da letra B representa uma distribuição em que não ocorre a interferência, que é a alternativa correta.

O número de respostas corretas, antes da instrução pelos colegas, foi de 29% (Gráfico 7), o que foi modificado para 54% (Gráfico 8), ocorrendo um aumento percentual de 25%, após a instrução entre colegas.

Figura 7- Teste conceitual sobre o experimento da dupla fenda com balas de metralhadora

Gráficos 7 e 8- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

Ao aproximar-se da bancada, a futura professora encontra consenso entre os estudantes 1 e 2, ambos escolheram a resposta incorreta da letra A. No turno 4, no início do episódio, ela pergunta por que eles acham que é a letra A e verifica que o estudante 1 escolheu aleatoriamente, não entendeu a pergunta proposta. Na tentativa de esclarecer a questão, a professora no turno 8 e 14 marca as ideias importantes, repete o enunciado da questão com outras palavras. Ela relaciona o

teste com o simulador, colocando as ideias disponíveis a todos os estudantes: “*lembra lá daquele anteparo daquele simulador que a professora mostrou lá pra vocês....ele ia disparar alguma coisa... lembra que ia passar pelas fendas*” ; “*vocês vão ver que o que está sendo disparado naquela fonte vai ser balas*”. Após utilizar outras palavras, com o objetivo de esclarecer o que está sendo perguntado, a futura professora pergunta se os estudantes vão manter a mesma resposta, a da letra A.

- 1 Professora: o que vocês colocaram?
- 2 Estudante 1: letra A
- 3 Estudante 2: letra A
- 4 Professora: por que vocês acham que é letra A?
- 5 Estudante 1: não sei porque eu chutei
- 6 Professora: bom... então... vamos começar devagar... oh... ele fala... ((a professora olha pra questão projetada no quadro e lê novamente o enunciado rapidamente em voz alta))
- 7 Estudante 1: eu não entendi a pergunta... na verdade... não entendi nada da pergunta
- 8 Professora: o que que ele coloca ali pra disparar... lembra lá daquele anteparo daquele simulador que a professora mostrou lá pra vocês... ele ia disparar alguma coisa... lembra que ia passar pelas fendas **e aí ia aparecer alguma coisa lá no anteparo... nesse caso que que ele vai disparar**
- 9 Estudante 2: **[atingir a parede] [lata areia]** ((falas simultâneas))
- 10 Professora: ó
- 11 Estudante 2: vai disparar? não sei não... primeiro eu não entendi nada também
- 12 Estudante 1: eu não entendi tipo onde que entra lata e areia com essa história?
- 13 Estudante 2: é cadê ela?((risos))
- 14 Professora: oh calma... vamos devagar nesse caso ele fala que esse vai ser um detector... ele vai estar disparando balas... vocês leram a questão com muita atenção... vocês vão ver que o que está sendo disparado naquela fonte vai ser balas... está vendo ali ó ((aponta para o slide que contém a questão e está projetado no quadro)) balas de metralhadora... tem uma metralhadora... vai disparar balas que ela vai passar pelas fendas... tá? bom... tá... agora vocês veem lá no simulador vai disparar balas... vai passar pelas fendas... vocês acham que vocês vão manter a mesma resposta?

Do turno 14 ao 18, temos um padrão de comunicação do tipo I-R-I-R-F, em que o estudante 1 confirma a escolha incorreta da letra A. Os dois *feedbacks* do turno 16 e 18 têm o objetivo de questionar a decisão do estudante. Do turno 18 ao 21, a futura professora introduz uma nova ideia de “coisas” macroscópicas e microscópicas e relaciona o fenômeno da interferência a essas características.

- 15 Estudante 1: sim
- 16 Professora: por quê?

17 Estudante 1: *por que vai estar passando pela fenda e vai estar atingindo a mesma coisa...a mesma direção*

18 Professora: *tudo bem...mas ó... vocês lembram lá que a professora explicou pra vocês... a gente tem coisas macroscópicas e coisas **microscópicas**... quem que vai emitir interferência?*

19 Estudante 2: *((risos)) **[microscópicas]** ((o aluno fala simultaneamente com a professora))*

Com o objetivo de esclarecer aos estudantes que as balas de metralhadora não apresentam um comportamento ondulatório, Daniela introduz a ideia de que objetos macroscópicos não sofrem interferência. Ela atribui incorretamente o caráter de partícula a ondas, quando fala: “a gente vai conseguir medir o comportamento ondulatório desse material” (turno 23) ; “a onda de objetos macroscópicos a gente não consegue medir... ela é muito pequenininha... então a gente só consegue medir ondas de coisas microscópicas” (turno 31).

A futura professora estabelece com os alunos do turno 23 ao 28 um padrão de interação do tipo I-R-R-F-R-A, com uma confirmação da resposta dada pelo estudante 1 no turno 28.

20 Estudante 1: *como assim... espera... eu não estou entendendo a pergunta*

21 Professora: *ahn? ((se dirige ao estudante 2)) a microscópica... então a gente só emite... né... então... quem vai ter um comportamento ondulatório?*

22 Estudante 1: *coisa **microscópica** ((fala bem baixinho simultaneamente a professora))*

23 Professora: ***[microscópica]** certo? a bala de metralhadora é uma coisa microscópica ou macroscópica? macroscópica ((a professora responde)) tá? então a gente vai conseguir medir o comportamento ondulatório desse material?*

24 Estudante 1: *macro... não*

25 Estudante 2: *tem que ser microscópica*

26 Professora: *então vai ter interferência nesse caso?*

27 Estudante 1: *não*

28 Professora: *não ((se dirige ao estudante 1))... se a gente for analisar aqueles dois gráficos ali... o gráfico da letra A está emitindo uma interferência... o da B não... o que está acontecendo ali? com as ondas... **comportamento clássico... não é?** não é um comportamento quântico... vocês entenderam ...mesmo ?*

29 Estudante 2: ***[sim]** ((o aluno responde sim para a pergunta sobre o comportamento clássico))*

30 Estudante 1: *não ah::: ((faz uma cara de tristeza))*

31 Professora: *oh você tem que pensar assim... a onda de objetos macroscópicos a gente não consegue medir... ela é muito pequenininha... então a gente só consegue medir ondas de coisas microscópicas... tá... por exemplo... ah eu não posso falar... não tem como eu falar... pensa numa coisa microscópica **micro microscópica***

32 Estudante 2: ***[bem pequena]** ((o estudante 2 fala simultaneamente à professora ajudando a esclarecer a dúvida da estudante 1))*

No turno 33, a professora faz uma explicação utilizando um modelo teórico relacionando o fenômeno da interferência ao comportamento ondulatório. Essa explicação auxilia no entendimento da questão pelo aluno 2. No turno 41, a estudante 1 questiona novamente sobre a pergunta da questão; a aluna confirma que não entendeu o que está perguntando. A futura professora faz então uma explicação teórica detalhada do enunciado da questão, reforçando que ora o detector medirá o que passa por uma fenda ora o que passa por outra, o que auxilia o entendimento da estudante.

33 Professora: sabe coisa que a gente não consegue ver... essa coisa vai emitir um comportamento ondulatório então se ela vai emitir um comportamento ondulatório... vai ter interferência... tá... entendeu?... sim?... a bala de metralhadora ela é uma coisa pequena... mas ela não é microscópica... ela é macroscópica porque ela tem uma grande quantidade de átomos... certo?

34 Estudante 2: humhum ((o estudante 2 concorda com o que a futura professora diz))

35 Professora: certo então nela a gente não vai emitir interferência... então a gente tem ali um comportamento clássico... não quântico... sim? todos vocês entenderam?

36 Estudante 2: sim

37 Professora: mesmo?

38 Estudante 2: sim ((risos))

39 Professora: tem dúvida ainda?

40 Estudante 2: não

41 Estudante 1: entendi... eu só não entendi a pergunta ainda

42 Professora: tá oh pega apostila... tá... com a apostila aberta na questão

43 Estudante 1: eu estou com a apostila... mas onde está a questão?

44 Professora: você tem todas as questões aqui ((a futura professora ajuda a estudante 1 achar a questão)) ah você não sabia disso ((risos)) então aqui você pode ler a questão com calma... ó então ele fala assim ((a professora lê a questão em voz alta rapidamente apontando na apostila juntamente com a estudante 1))... tá? então a gente vai ter um anteparo... isso aqui vai ser só um detector que vai estar medindo esse disparo e a gente vai ter uma bala de metralhadora... uma metralhadora que vai disparar bala... então ora vai disparar por uma fenda ora vai disparar por outra tá...então se a gente abrir as duas fendas o que que vai acontecer? então a mesma coisa... se a gente tiver duas fendas... e vai disparar uma bala... o que que vai acontecer... o que vai aparecer lá pra eles é isso que ele quer saber... é a mesma coisa daqui do simulador... a gente vai colocar duas fendas e vai disparar alguma coisa por elas... nesse caso vai ser bala de metralhadora que é uma coisa macroscópica tá

45 Estudante 1: ai entendi ((a aluna fala com muito entusiasmo)) então ele vai trazer uma lata de areia pra tampar uma hora

46 Professora: vamos... pessoal... vamos encerrar a discussão... então eu vou pedir para vocês votarem novamente pra gente fazer o fechamento da discussão

47 Estudante 1 : ah::: tá... agora entendi... essa pergunta ((expressão de alívio)) nossa senhora

O episódio 4 apresenta uma abordagem comunicativa interativa dialógica entre a professora e os estudantes 1 e 2, já que as dúvidas dos estudantes sobre a questão são o fio condutor da interação entre eles. A futura professora parte da dúvida apresentada pelos alunos para abordar a questão e mostrar o conceito de interferência.

Intenções da professora	Apresentar para os estudantes o fenômeno da interferência e juntamente com ele a questão científica de objetos macroscópicos sofrerem ou não interferência. Guiar os estudantes para trabalhar com questões relacionadas ao fenômeno da interferência.
Conteúdo	O teste é sobre a distribuição das balas disparadas contra um anteparo, ao passarem por duas fendas. A primeira opção mostra um gráfico típico do fenômeno de interferência e a segunda opção apresenta o gráfico em que as balas não sofrem interferência.
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora revisou as ideias, explicando novamente a questão para os estudantes. Introduziu o conceito de interferência para os estudantes. Diferenciou objetos microscópicos de macroscópicos. Compartilhou no fechamento do episódio a explicação sobre o enunciado da questão.

Quadro 13- Síntese pontos-chave do episódio 4.

5.2.5 Episódio 5 – Experimento da dupla fenda com ondas

O episódio 5 apresenta um teste sobre o experimento da dupla fenda, em que uma onda é gerada pela ponta de um bastão na água e passa por fendas (figura 8). O teste apresenta no enunciado um desenho da difração com somente uma das fendas abertas, e a pergunta é sobre a distribuição de energia em um anteparo, caso as duas fendas estejam abertas simultaneamente. Ao sofrer a dupla difração, as ondas diferentemente das balas de metralhadora se sobreporão e ocorrerá a interferência, que será corretamente representada pelo gráfico da alternativa A.

Os gráficos 9 e 10 representados a seguir apresentam a porcentagem de acertos antes da instrução pelos colegas e após a instrução pelos colegas, respectivamente. Houve um aumento percentual de 22% do número de repostas corretas, após a discussão entre os pares.

Figura 8- Teste conceitual sobre a interferência com ondas

Gráficos 9 e 10- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio 5 começa com uma pergunta da professora do porquê teve interferência nessa situação, que é respondida prontamente pelo estudante 2, “*por que tem duas ondas*”. No turno 3, Daniela faz uma iniciação perguntando aos estudantes se eles conseguem diferenciar esse teste do teste anterior com balas de

metralhadora. Ao responder, os alunos utilizaram-se de um argumento da futura professora, o de que objetos macroscópicos não sofrem interferência.

Do turno 1 ao 3, temos um padrão de interação do tipo I-R-A, com avaliação da professora no turno 3.

- 1 Professora: *por que que teve interferência?*
- 2 Estudante 1: *porque tem duas ondas*
- 3 Professora: *sim então vocês conseguem diferenciar essa da questão anterior que era bala de metralhadora?*
- 4 Estudante 2: *sim*
- 5 Professora: *né o que que acontecia lá?*
- 6 Estudante 2: *a bala não dava interferência*
- 7 Professora: *por que que ela não tinha interferência?*
- 8 Estudante 1: **[porque ela era macro e essa é micro]**
- 9 Estudante 2 : **[era macro] ((os dois estudantes 1 e 2 respondem simultaneamente))**
- 10 Professora: *macroscópica... muito bem porque ela é uma partícula... né? então nesse caso a gente está tratando de ondas... entenderam? você entendeu? você colocou a letra A também? ((a professora se dirige ao estudante 3))*
- 11 Estudante 3: *((concorda gestualmente com a cabeça... mas não fala nada))*

Nos turnos 12 e 14, a futura professora questiona os estudantes a respeito das figuras de distribuição de energia apresentadas nas alternativas da questão. Diante da resposta dada pelo estudante 1, no turno 15, a professora percebe que os alunos não entendem as distribuições de energia no anteparo. A partir disso, Daniela faz, nos turnos 16, 18 e 19, explicações empírico-científicas. Com base no experimento apresentado, ela explica a difração e a interferência.

A futura professora volta a repetir “*que uma partícula se comporta como uma onda*” e “*uma partícula vai se comportar como uma onda*” (turno 18), cometendo o mesmo erro do episódio anterior.

A professora realiza uma explicação sobre o experimento da dupla fenda, utilizando alguns termos da linguagem cotidiana: “*essa onda está se espalhando*”; *a gota lá ela ia se espalhando*. O termo “*espalhando*” é utilizado pela professora para explicar o fenômeno da difração (turno 19).

Do turno 16 ao 18, temos um padrão de comunicação do tipo I-R-A, com um muito bem da professora para a resposta do estudante 2 (no turno 18), quando é perguntando se ondas são consideradas microscópicas ou macroscópicas. A abordagem comunicativa utilizada nesse episódio é interativa de autoridade, as

perguntas feitas pela professora conduzem à história científica, mas não existe compartilhamento de diferentes pontos de vista dos alunos.

12 Professora: bom por que que você acha que a onda fica desse jeito? ((se dirigindo ao estudante 1))

13 Estudante 1: como assim tipo

14 Professora: por que você acha que fica a onda desse jeito e não assim? ((a professora mostra as alternativas na apostila))

15 Estudante 1: por que a onda... ah não sei por que ela por que... que a onda só e aqui tem várias ondas...

16 Professora: a gente está construindo ondas... aí ao mesmo tempo que a gente constrói... a gente quebra... né então isso que é a nossa interferência ((silêncio longo de aproximadamente um minuto)) e a onda vocês acham que a gente considera ela o que... macroscópica ou microscópica?

17 Estudante 2: micro

18 Professora: microscópica... muito bem... vocês vão ver já já que vai ser uma coisa muito legal que uma partícula se comporta como uma onda... na verdade é isso que a gente está fazendo aqui... a gente está fazendo o experimento da dupla fenda e uma partícula vai se comportar como uma onda... a gente vai entrar nisso agora ((a professora afasta-se da bancada)) ((silêncio))

19 Professora: aqui ó ((a professora se reaproxima da bancada)) uma coisa muito legal que a gente está vendo quando a gente está vendo essa interferência aqui essa onda está se espalhando... né... vocês viram lá na cuba de ondas quando a gente mostrou pra vocês... a gente estava tendo a gota lá... ela ia se espalhando... assim a gente colocava a fenda... ela ia se espalhando na bala da metralhadora... essa questão aqui por que que seria essa alternativa por que a gente não está tendo essa interferência... então a onda se espalha porque ela é muito pequenininha... tá vendo lá ((silêncio))

Intenções da professora	Verificar se os estudantes sabem por que ocorreu a interferência. Guiar os estudantes para relacionar os gráficos de distribuição de energia com o fenômeno da interferência.
Conteúdo	O teste é sobre a distribuição de energia das ondas ao passar por duas fendas simultaneamente abertas.
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora fez perguntas para descobrir o que os estudantes entenderam da interferência com as ondas. Fez perguntas com o objetivo de checar se os estudantes relacionam os gráficos com o fenômeno da interferência e conseguem diferenciá-los. Realizou duas explicações sobre o fenômeno da interferência com as ondas .

Quadro 14- Síntese pontos-chave episódio 5

5.2.6 Episódio 6 – Experimento da dupla fenda com elétrons

O episódio 6 acontece após uma sequência de atividades: a leitura de uma parte do texto do livro *Alice no País do Quantum* (GILMORE, 1998) relativa à Física Quântica; a exibição do simulador virtual para fótons e elétrons e a apresentação da parte relativa à Mecânica Quântica do vídeo do Dr. Quantum. Ao terminar essa parte da aula, os alunos responderam ao teste ilustrado a seguir (Figura 6) sobre a interferência com fótons no experimento da dupla fenda. Não foi necessária a instrução pelos colegas para esse teste, pois mais de 70% dos estudantes responderam à questão corretamente.

Figura 9- Teste sobre interferência com fótons.

Após essa questão (Figura 9), os estudantes responderam ao teste da interferência com elétrons (Figura 10), em que foi necessária a instrução pelos colegas. A pergunta central da questão é sobre o padrão formado na tela de detecção, após um certo intervalo de tempo, quando elétrons são emitidos um a um e uma das fendas é tampada.

Figura 10- Teste sobre interferência com elétrons.

Antes da instrução pelos colegas, a porcentagem de respostas corretas era de 17% (Gráfico 11) e, após a instrução pelos colegas, de 77% (Gráfico 12). Ocorreu um aumento significativo do número de repostas corretas (60%).

Gráficos 11 e 12- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

Nesse episódio, a professora verifica que o estudante 1 marcou a opção incorreta, e o estudante 2, a correta. No turno 8, o estudante 2 explicita corretamente o seu ponto de vista sobre a questão: “coloquei C porque fechou uma das fendas, então seria menos uma fenda... como ela é micro... ela não teria interferência... seria um lugar só”. Do turno 7 ao 9, há um padrão de interação do tipo I-R-A, com a avaliação da professora sobre a resposta do estudante 2 dada no turno 8.

- 1 Professora: o que que vocês colocaram?
- 2 Estudante 2: eu coloquei C
- 3 Professora: C e você? ((se dirige ao estudante 1))
- 4 Estudante 1: eu tinha colocado a A
- 5 Professora: por que que você acha que é a A?
- 6 Estudante 1: ah não sei
- 7 Professora: ó... por que que você acha que é a C? ((se dirige ao estudante 2))
- 8 Estudante 2: coloquei C porque fechou uma das fendas então seria menos uma fenda... como ela é micro... ela não teria interferência... seria um lugar só
- 9 Professora: muito bem e você colocou o quê? ((se dirige ao aluno 3))

O estudante 3 é muito pouco participativo durante toda a aula, a professora tentando com que ele interaja com os colegas, dirige a ele perguntas (turno 9). Ao perguntar a opinião do estudante 3, o estudante 1 (turno 12) logo interfere dizendo que ele não sabe o porquê da escolha, “*porque ele chutou*”. O silêncio do estudante 3 durante toda a aula causa nos estudantes 1 e 2 uma certa censura às suas respostas.

No turno 13, a professora explica sobre o comportamento dos elétrons, utilizando termos científicos e se referindo ao simulador apresentado. A futura professora, na sua explicação, atribui características de ondas aos elétrons, já que diz que eles sofreram interferência, mas conclui dizendo que eles vão bater no aparato como partículas.

- 10 Estudante 3: a B
- 11 Professora: por que que você acha que é a B?
- 12 Estudante 1: porque ele chutou
- 13 Professora: então vocês lembram lá do simulador que a gente mostrou pra vocês que ele falou tá certo... tá... o que que acontece... então a gente vai ter um aparato... vai ter duas fendas... aí a gente vai fechar uma dessas fendas e vai emitir elétrons ali tá... só que o que que vai acontecer esse elétron na hora que ele vai por uma fenda... só ele não vai sofrer interferência com ele mesmo então... por isso... que vai formar uma faixa... só vocês lembram que ia ficar igual se a gente deixasse uma fenda... só a gente ia emitir coisas microscópicas... ele ia ficar com uma faixa como se fosse uma bolinha... mas... se a gente deixasse duas fendas... esses elétrons iam passar por lá... eles iam agir como se fossem ondas... né?... só que o elétron é um pedacinho pequenininho de matéria... não é? então como que isso pode acontecer... então... quando a gente tem duas fendas... os elétrons eles vão se comportar como onda partícula
- 14 Estudante 2: eles iam se interferir com ele mesmo
- 15 Professora: isso aí... eles vão passar pelas duas fendas... fazer interferência com eles mesmos e bater no aparato como partícula... sim?

A abordagem comunicativa utilizada nesse episódio é interativa de autoridade, já que ela desenvolve a história científica incluindo apenas um ponto de vista.

Intenções da professora	Verificar as respostas dos estudantes e o porquê de eles terem escolhido a alternativa.
Conteúdo	O teste é sobre a destruição do padrão de interferência quando elétrons são emitidos uma a uma e passam por somente por uma fenda.
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora fez perguntas para descobrir o que os estudantes marcaram e por que escolherem tais afirmativas. No turno 13 fez uma explicação empírica (sobre o experimento da dupla fenda) utilizando o conhecimento científico.

Quadro 15- Síntese dos pontos-chave do episódio 6

5.2.7 Episódio 7 – A interferência no aparato de Mach-Zehnder

O episódio 7 ocorre com a aplicação do primeiro teste conceitual da aula do interferômetro de Mach-Zehnder (Figura 10). Anterior à aplicação dos testes, os alunos têm três momentos com as futuras professoras: um sobre a parte histórica do experimento de Mach-Zehnder, outro com uma demonstração do experimento clássico, utilizando uma fonte de laser, e a demonstração do *software* com o simulador virtual²⁴.

Na apresentação da parte histórica, a futura professora explica o porquê de o experimento ter esse nome, apresentando os dois físicos Mach e Zehnder.

O experimento clássico montado na bancada da sala de aula contou com um feixe de laser, semiespelhos e polaroides. A professora explicou aos estudantes a função do semiespelho e dos polaroides, mostrando o que ocorre quando um feixe de laser incide sobre eles, realizando o experimento clássico com o laser.

O simulador virtual foi mostrado por meio da projeção da imagem do computador em uma tela e assim a professora apresentou todas as funções do simulador. Uma das imagens mostradas pela professora é a da interferência, ocorrendo nos dois anteparos, quando o interferômetro é colocado para funcionar.

²⁴ Foi utilizado o *software* *Doppelspalt* de distribuição gratuita encontrado para *download* no endereço eletrônico www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/Doppelspalt/dslit.html.

Após essa demonstração, foi apresentado o primeiro teste da aula em que questiona o motivo da formação do padrão de interferência no interferômetro de Mach-Zehnder.

Figura 11- Teste sobre interferência no aparato do interferômetro de Mach-Zehnder.

Os gráficos 13 e 14 apontam o número de respostas corretas antes e após a instrução pelos colegas, respectivamente. Houve um aumento percentual de 61% no número de acertos da questão.

Gráficos 13 e 14- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

A futura professora aproxima-se da banca dos alunos e verifica que os estudantes 1 e 2 escolheram a alternativa incorreta, a letra A. Ao serem perguntados por que escolheram tal resposta, o estudante 2 responde dizendo que: “*eu pensei que ele perderia força ao passar por um dos espelhos*”. Essa resposta incorreta de que o feixe de luz perde força é acompanhada por uma pergunta da futura professora para confirmar se é força mesmo que o estudante considera, o que foi confirmado por ele no turno 9. Esse pedido de confirmação da professora ao repetir a palavra força dita pelo estudante gera dúvida nele quanto à resposta: “*eu não entendi muito essa questão*”. Ele conclui que não entendeu muito bem a questão, já que ele não consegue desenvolver argumentos para explicar por que escolheu a letra A.

Do turno 6 ao 11, há um padrão de interação do tipo I-R-F-R-F-R, uma cadeia aberta. Nesse trecho do episódio, a professora dá dois *feedbacks* às respostas do estudante 2 (turno 8 e 10), mesmo sabendo que as respostas estão incorretas, ela não avalia o estudante.

- 1 Professora: e aí... pessoal... o que vocês colocaram?
- 2 Estudante 2: a A
- 3 Estudante 1: coloquei A
- 4 Professora: por que que vocês acham que é a letra A?
- 5 Estudante 2: [inaudível]
- 6 Professora: e por quê? calma primeiro por que que vocês acham que é a letra A
- 7 Estudante 2: não porque eu pensei que ele perderia força ao passar por um dos espelhos
- 8 Professora: força?
- 9 Estudante 2: é.... isso
- 10 Professora: tá
- 11 Estudante 2: eu não entendi muito essa questão

A professora faz uma comparação do que ocorre no interferômetro com o experimento da dupla fenda (turno 12) e ressalta a presença de semiespelhos e espelhos nesse experimento, o que não existia no experimento anterior, o da dupla fenda. Ela quer que os estudantes entendam que a presença dos semiespelhos na trajetória do feixe de luz não foi o causadora das múltiplas interferências, já que na dupla fenda não existiam espelhos e ocorria interferência.

Nesse episódio há um padrão de interferência do tipo I-R-F-R-F-R, do turno 14 ao 20, em que a futura professora faz uma iniciação no turno 14 e é respondida pelos estudantes 1 e 2. O objetivo dela é ressaltar junto com os alunos as diferenças entre os dois experimentos.

12 Professora: tá ali... ele fala... vocês entenderam o negócio que a professora acabou de explicar... o funcionamento do interferômetro... certo? então essa questão a gente tem que aplicar exatamente isso... tá aí... ó... presta atenção... a alternativa A ele fala que é múltiplas interferências até chegar no anteparo... tá ?.... então até chegar no anteparo o que a gente tem no caminho **[espelhos semiespelhos]**

13 Estudante 2: **[espelho e semiespelhos]** ((fala simultânea do estudante 2 e da professora))

14 Professora: aí ele está falando que acontecem múltiplas interferências ... mas pra acontecer a interferência precisa ter espelho?

15 Estudante 2: não

16 Professora: por que na dupla fenda a gente tinha espelho?

17 Estudante 1: não

18 Professora: e tinha interferência... não tinha?

19 Estudante 1: é

No turno 20 a professora dá uma resposta indicando que a letra A escolhida pelos alunos é incorreta e se dirige ao estudante 3, que escolheu a letra C como resposta. Ao perguntar ao estudante 3 por que ele acha a letra C correta, ele dá uma resposta sem sentido. No turno 22, a professora repete a mesma explicação sobre os experimentos que tinha dado anteriormente, ignorando a resposta do estudante 3.

20 Professora: então não precisa ser essa porque eu não preciso de espelho pra ter interferência... entendeu e por que que você acha que é a letra C? ((a professora se dirige ao aluno 3))

21 Estudante 3: porque o espelho... acho que ele tá em.... quando reflete no anteparo

22 Professora: tá... ó... é mesma coisa que eu tinha falado para eles é:..... aqui a gente está falando que acontece interferência nos espelhos... tá... mas na dupla fenda tinha interferência... lembra só que tem um espelho na dupla fenda?

23 Estudante 3: não

24 Estudante 2: ((faz sinal negativo com a cabeça))

25 Professora: não...então a gente não precisa de um espelho pra ter interferência... certo? então... oi? ((a futura professora percebe a conversa entre o estudante 1 e 2 e pergunta sobre o que eles estão falando))

26 Estudante 1: nada não... pode continuar

27 Professora: vocês entenderam?

28 Estudante 1: entendemos

A professora explica aos alunos, no turno 29, por que a resposta correta da questão não pode ser letra A nem B, fazendo referência à presença dos espelhos no experimento. Nesse mesmo turno a professora faz uma iniciação perguntando sobre o que acontece no interferômetro e é respondida pelo estudante 1 (turno 32) com a leitura da alternativa B (a correta). No turno 32, o estudante explica a resposta com suas palavras, falando da superposição dos feixes, palavra que só aparece no final do episódio com a leitura da alternativa correta. Nesse trecho do episódio há um padrão de interação do tipo I-R-F-R-A, do turno 31 ao 35.

- 29 Professora: *então... vocês viram que a gente não pode falar que é a letra A nem a letra C porque na dupla fenda a gente tem interferência também dependendo do que a gente for tacar lá... lembra? a gente não precisa de um espelho... tá? agora... o que que acontece nesse interferômetro então?*
- 30 Estudante 2: *como assim?*
- 31 Professora: *o que que a gente vai ter aí?*
- 32 Estudante 1: *superposição entre os feixes que seguem caminhos diferentes ((lê a alternativa C da questão))*
- 33 Professora: *porque que a gente vai ter isso?*
- 34 Estudante 1: *por que acontece isso ó... tem vários feixes e eles se sobre... super.....põe ((aluno 1 mostra os feixes na apostila))*
- 35 Professora: *exatamente... né... alguns vão refletir e outros vão refratar*
- 36 Estudante 1 : **[é]**
- 37 Estudante 2 : **[é]** ((resposta simultânea))

A abordagem comunicativa da professora no episódio 7 é do tipo interativa de autoridade, ela faz perguntas para os alunos com o objetivo de comparar o interferômetro com o experimento da dupla fenda. Desenvolve a história científica com a ajuda dos estudantes, que respondem prontamente aos questionamentos da professora.

No turno 29, a professora comenta o motivo de as respostas da letra A e C não estarem corretas, mesmo assim não fornece a resposta certa para os estudantes na situação do interferômetro. Ela utiliza uma explicação baseada no experimento da dupla fenda e mostra que os elementos presentes no interferômetro, como espelhos e semiespelhos, não estavam presentes no experimento da dupla fenda e mesmo assim acontecia a interferência.

Intenções da professora	Verificar por que os estudantes acreditam que há múltiplas interferências ao longo do caminho até chegar ao anteparo. Criar um problema para os alunos que é indagar qual a função da presença dos espelhos e semiespelhos no experimento do Mach-Zehnder, o que não ocorria na dupla fenda.
Conteúdo	O teste é sobre o motivo da formação de figuras de interferência nos anteparos no experimento do interferômetro de Mach-Zehnder.
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-F-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora fez perguntas para descobrir por que os estudantes acreditam que ocorreram múltiplas interferência no caminho. Realizou uma explicação em que relaciona a presença dos espelhos à ocorrência ou não de interferência. Relacionou os dois experimentos: o da dupla fenda e do interferômetro de Mach-Zehnder.

Quadro 16- Síntese dos pontos-chave do episódio 7

5.2.8 Episódio 8 – A destruição do padrão de interferência

O episódio 8 apresenta o teste conceitual que questiona o que acontecerá com as figuras de interferência com a retirada do semiespelho SM_2 (Figura 12). Ao retirar o semiespelho, há uma destruição no padrão de interferência nos anteparos 1 e 2 (alternativa A).

Caso o semiespelho SM_2 seja removido o que acontecerá com as figuras de interferências formadas no anteparo 1 e 2 ?

a) desaparecerão.
 b) permanecerão as mesmas.
 c) desaparecerá no anteparo 1 e permanecerá a mesma no anteparo 2.
 d) desaparecerá no anteparo 2 e permanecerá a mesma no anteparo 1.

Figura 12- Teste conceitual sobre a destruição do padrão de interferência com a retirada do semiespelho 2.

Não houve nenhum aluno que, antes da instrução pelos colegas, tenha optado pelas alternativas A (correta) e D (incorreta)²⁵ (Gráfico 15). Após a instrução pelos colegas, a alternativa correta A (correta) obteve 62% de acerto (Gráfico 16). Houve sucesso na instrução pelos colegas nesse episódio, já que os alunos modificaram a sua resposta, e a maioria optou pela alternativa correta após a discussão entre os pares.

Gráficos 15 e 16 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

²⁵ Optou-se por não representar a alternativa D nos gráficos 15 e 16, já que nem antes da instrução pelos colegas nem depois nenhum aluno optou por ela.

A futura professora aproxima-se da bancada e verifica que os estudantes 1 e 2 marcaram a alternativa incorreta, a letra C. Ao perguntar por que escolheram a letra C, o estudante 2 (no turno 5) diz que, se retirar o espelho, a interferência continuaria no anteparo 2, ou seja, para ele não é necessário a superposição dos feixes para ocorrer a interferência ou ele não entende a função do semiespelho. A professora, percebendo a dúvida do aluno, dá no turno 7 uma explicação sobre o experimento, dizendo sobre a combinação dos feixes, que é a função do semiespelho SM₂. Ela diz: “*o que que a gente tem que entender que aqui é onde os feixes vão se recombinar... então os feixes que vêm pelos dois braços aqui eles vão se recombinar no semiespelho para formar o padrão de interferência* “. Com essa explicação sobre o experimento, a estudante 1 chega à conclusão correta de que a interferência sumirá.

Do turno 9 ao 11, existe um padrão de interação do tipo I-R-A com a professora avaliando a resposta da estudante 1, explicando sobre a função do semiespelho e da ocorrência da interferência.

- 1 Professora: o que vocês colocaram?
- 2 Estudante 1: C
- 3 Estudante 2 : C
- 4 Professora: por que vocês acham que é a letra C?
- 5 Estudante 2: porque se tirar essa daqui ((aponta para o desenho na apostila)) vai continuar anteparo 2... só vai mudar que vai voltar pro 1
- 6 Estudante 1: não vai ((a estudante faz um movimento com a mão mostrando que o feixe vai em linha reta concordando com o estudante 2))
- 7 Professora: tá oh... entende que é nesse daqui que eles vão se recombinar... tá? então o que que ele está perguntando ali ele fala o que vai acontecer com as interferências se o semiespelho tivesse removido tá... então o que que a gente tem que entender que aqui é onde os feixes vão se recombinar... então os feixes que vêm pelos dois braços aqui eles vão se recombinar no semiespelho para formar o padrão de interferência que a gente consegue enxergar... então se a gente deixar do jeito que está igual na pergunta anterior... o que a gente vai ter a gente vai ver o padrão de interferência nos dois anteparos formados... certo? porque é nesse semiespelho que eles vão se recombinar que eles vêm aqui cada um vai sofrer um tipo de fenômeno aqui e no final eles vão sofrer o que **a gente enxerga... tá... então é nesse espelho aqui que eles vão formar os feixes**
- 8 Estudante 1: **[hahaha já entendi o que vai acontecer]** ((fala simultânea com a professora))
- 9 Professora: o que que vai acontecer então?
- 10 Estudante 1: vai sumir
- 11 Professora: vai sumir... porque se aqui eles se recombinam e a gente tira então a gente não vai conseguir ver interferência no anteparo porque é só aqui que os feixes vão sofrer essa interferência que a gente vai ver no anteparo porque é aqui que eles vão se recombinar você lembra lá o que ela falou

O estudante 1 dá, no turno 14, uma resposta comparando o semiespelho a uma fenda: “é a fenda...é como se fosse a fenda”. A futura professora confirma a resposta do estudante 1, repetindo a expressão “como se fosse a fenda”. Os alunos utilizam a mesma estratégia usada pela professora no episódio anterior de comparar o funcionamento do interferômetro com o experimento da dupla fenda.

12 Estudante 1: é como se aqui fosse o..... ai como é que é o nome do negócio aqui... pera... eu... ai odeio isso... essas coisas.... o LLL

13 Professora: isso de reflexão, transmissão... vocês lembram que a professora explicou pra vocês e é nesse semiespelho aqui

14 Estudante 1: é a fenda... é como se fosse a fenda

15 Professora: é como se fosse a fenda... porque aqui que ele vai começar a se interagir consigo mesmo para formar o padrão de interferência

16 Estudante 1: então é A... A

17 Professora: entenderam?

18 Estudante 1: entendeu? ((se dirige ao estudante 2))

Na última parte desse episódio, a professora se aproxima do estudante 3 e repete as explicações sobre o experimento dadas aos outros alunos, já que esse estudante permanece calado a maior parte do tempo. Ele interage com a professora dando duas respostas curtas à Daniela, nos turnos 22 e 24, mas parece não acompanhar o que ela diz. A futura professora estabelece com o estudante 3 duas cadeias de interação do tipo I-R-A dos turnos 21 ao 23 e do turno 23 ao 25.

A abordagem comunicativa utilizada pela professora nesse episódio é interativa de autoridade, já que ela estabelece com os alunos um diálogo por meio das perguntas que faz a eles, auxiliando no esclarecimento da questão.

19 Professora: você tinha colocado a letra C também? ((se dirige ao estudante 3)) tinha? você entendeu por que que não é?

20 Estudante 3: tinha ((faz um gesto afirmativo com a cabeça))

21 Professora: você entendeu mesmo? ((se dirige ao estudante 2))... você conseguiu entender por que que não é a letra C... quer que eu explique de novo... ó... aqui nesse semiespelho... aqui que é o que ele fala que ele vai ter que tirar do exercício é onde os dois feixes que vêm daqui eles vão se encontrar... tá? então a gente vai ter um fenômeno que vai estar acontecendo aqui... lembra que ele vai vir daqui e o outro que vai estar acontecendo aqui

22 Estudante 3: é... vai refletir pra cá

23 Professora: isso... daí o que acontece... aqui é onde os dois feixes que vêm dali e daqui vão se recombinar e aqui a gente tem um anteparo... se aqui a gente recombina esses feixes e a gente forma aquele padrão de interferência que a gente viu na primeira questão... lembra que ela mostrou o software vai ter dois padrões de interferência... se aqui eles vão se recombinar para formar aquilo... se a gente tirar isso daqui... o que vai acontecer?

24 Estudante 3 : vai refletir pro anteparo

25 Professora: não ó... pensa assim... a gente tem um lugar que acontece tudo aqui... se a gente tira iss...o que acontece... o que que vai acontecer?... se a gente

só enxerga o que está acontecendo... nisso se a gente tira isso... o que que vai acontecer?... aqui a gente vai ter o feixe que vai vir pra cá que vai vir aqui e o feixe que vai vir aqui ((aponta o desenho na apostila)) e aqui vai ter o anteparo... esses feixes que vêm aqui eles vão se recombinar aqui e vai formar o padrão de interferência que a gente enxerga... então daí esse sistema está perfeito assim... se eu tirar isso daqui esses feixes que estão aqui... eles não vão se recombinar para formar aquele padrão de interferência que a gente viu... lembra aqui ó... tá vendo que vai formar o padrão de interferência... ó lembra que vai formar isso daqui se a gente tirar o semiespelho 2 isso aqui não vai acontecer... vai ficar sem nada... tá? por que que isso acontece... por que é nesse lugar que os feixes vão se recombinar... entendeu?

26 Estudante 3: entendi

27 Professora: então isso não vai acontecer... então... se a gente tira da onde isso acontece... isso não pode existir entendeu?

Intenções da professora	Verificar por que os estudantes escolheram a alternativa incorreta C. Desenvolver a história científica com explicações sobre o interferômetro.
Conteúdo	O teste é sobre a destruição do padrão de interferência quando é retirado o semiespelho SM_2 .
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	Nesse episódio a professora realizou explicações sobre a função do semiespelho no interferômetro e introduziu novos termos como superposição, recombinação. Fez perguntas aos alunos com o objetivo de que eles explicassem o que acontecia com a retirada do semiespelho.

Quadro 17- Síntese dos pontos-chave episódio 8.

5.2.9 Episódio 9 – Detecção de fótons emitidos um a um

O teste conceitual apresentado aos alunos nesse episódio é sobre a detecção de fótons, emitidos um a um, no detector D_1 (Figura 13). Após algumas horas, como afirma a questão, a metade dos fótons será detectada no detector D_1 e a outra metade no detector D_2 (alternativa C).

O episódio começa com um diálogo entre os estudantes 1, 2 e 3 sobre qual opção cada um marcou, a professora faz uma iniciação no turno 6, perguntando o porquê da alternativa B. Os alunos atribuem uma característica de partícula ao fóton ao dizer que ele é muito pequeno (turno 7). O fato de ele ser pequeno, segundo os estudantes, facilitaria a detecção. Daniela, apesar de saber que esse raciocínio não está correto, escuta o ponto de vista dos alunos e faz perguntas baseadas nas respostas deles.

A futura professora faz uma pergunta (turno 12) e completa com uma afirmação dizendo aos estudantes que eles deveriam discutir entre si. Ela tem a preocupação de que a instrução pelos colegas aconteça, o que pode ser verificado com algumas intervenções: pedindo que os estudantes discutam as ideias, “*quero que vocês discutam entre si*” (turno 12); pedindo um estudante para explicar para o outro, “*explica pra ela por que você acha que é a B*” (turno 18) e dizendo aos alunos: “*vocês têm que discutir... não posso falar*” (turno 25).

- 1 Estudante 2: *você colocou qual? ((se dirige ao estudante 3))*
- 2 Estudante 3: *B*
- 3 Estudante 1: *coloquei A*
- 4 Estudante 2: *coloquei B*
- 5 Estudante 1: *por que que você acha que é a A? ((a estudante fala como se tivesse perguntando pra ela mesma o porquê de ter colocado A))... porque tipo é um fóton emitido agora a B [inaudível]*
- 6 Professora: *e por que que você acha que é a B?*
- 7 Estudante 1: *tipo pra exemplificar... é muito pequeno o fóton... sabe*
- 8 Estudante 2: *então seria fácil...*
- 9 Estudante 1: *é*
- 10 Estudante 2: *se fosse aí... mais aí ia ser mais difícil*
- 11 Estudante 1: *eu acho que ia ser difícil... mas eu acho que é pouco*
- 12 Professora: *porque que seria difícil... quero que vocês discutam entre si*
- 13 Estudante 2: *ah porque quanto mais fótons... seria mais difícil... um pouco é fácil... pela quantidade de fóton poderia ser mais detalhado*
- 14 Professora: *e agora o que vocês acham?*
- 15 Estudante 1: *qual que ele colocou? ((pergunta sobre a resposta do estudante 3))*
- 16 Estudante 2: *a B*
- 17 Estudante 1: *a B?*
- 18 Professora: *explica pra ela por que você acha que é a B ((se dirige ao estudante 3)) por que que sua opinião na sua opinião é a letra B?*
- 19 Estudante 3: *porque em uma membrana a intensidade de luz e o fóton vai aumentando cada vez mais*

Se, no experimento descrito acima, a intensidade da luz emitida pela fonte fosse tão tênue que apenas um fóton fosse emitido e cada vez (regime monofotônico), a uma taxa de um fóton por segundo, pode-se afirmar que, após algumas horas, D_1 detectaria:

- a) Todos os fótons emitidos.
- b) A grande maioria dos fótons emitidos.
- c) Aproximadamente metade dos fótons emitidos.
- d) Uma pequena minoria dos fótons emitidos.
- e) Nenhum dos fótons emitidos.

Figura 13- Teste conceitual sobre a probabilidade de detecção de fótons no detector D_1 .

A professora chama a atenção dos estudantes sobre o que eles deveriam prestar atenção para fazer uma discussão sobre o assunto; que é a emissão de luz (turno 20). Ao serem instruídos pela professora sobre o que discutir, os estudantes relacionam o fóton à luz com frases do tipo: “*aumenta a quantidade de luz...a intensidade da luz*”; “*é tem luz... né*” e “*está emitindo luz...aí vai clareando*”. Diante dessas explicações dadas pelos alunos, a professora faz a seguinte pergunta aos estudantes: “*o que que é um fóton?*” (turno 27), questão crucial para um entendimento conceitual da Mecânica Quântica.

Há um padrão de interação do tipo I-R-F do turno 27 ao 29, em que a professora dá um *feedback* ao estudante, complementando a sua resposta. O estudante que diz que o fóton é uma partícula de luz, e a futura professora completa dizendo que é um pacote de energia.

Do turno 29 ao 32, há um padrão de interação do tipo I-R-R-F, em que a futura professora dá um *feedback* acrescentando à resposta do aluno 1 o termo “*quantum de energia*”.

No turno 35, o estudante 1 faz uma pergunta para a futura professora sobre a quantidade de fótons detectados no detector 1, mas não obtém nenhuma resposta dela. A futura professora tem a preocupação nesse episódio de não dar a resposta correta à questão e sim estimular a instrução pelos colegas ouvindo o ponto de vista dos estudantes.

Após o afastamento da futura professora da bancada, o estudante 1 declara que está acertando as respostas sobre “*essas coisas*”, atribuindo ao conteúdo de Mecânica Quântica um certo nível de dificuldade.

- 20 Professora: *tá... ó... tem que prestar atenção na pergunta... tá... quando a gente está emitindo fóton... o que que acontece... vocês têm que pensar isso*
- 21 Estudante 3: *aumenta a quantidade de luz...a intensidade da luz*
- 22 Estudante 1: *é tem luz... né*
- 23 Professora: *então o que que acontece*
- 24 Estudante 1: *como assim o que que acontece?*
- 25 Professora: *quando a gente está emitindo um fóton...vocês têm que discutir... não posso falar*
- 26 Estudante 1: *tá emitindo luz...aí vai clareando*
- 27 Professora: *o que que é um fóton?*
- 28 Estudante 1: *uma partícula de luz*
- 29 Professora: *é um pacote de energia...então o que que acontece quando a gente está emitindo um fóton?*
- 30 Estudante 2: *está emitindo luz*
- 31 Estudante 1: *não...está emitindo um pacote de energia*

- 32 Professora: *está emitindo um quantum de energia certo? bom o que vocês acham que vai acontecer então ...*
- 33 Estudante 2 :*((risos))*
- 34 Professora: *a gente está emitindo um fóton...um fóton...um quantum de energia... o que que a gente vai conseguir detectar*
- 35 Estudante 1 : *acho que todos... não é?... é?*
- 36 Professora: *você entendeu por quê? ((pergunta dirigida ao estudante 3))*
((A futura professora se afasta da bancada))
- 37 Estudante 1: *eu tenho que fazer umas provas assim*
- 38 Estudante 2: *o quê?*
- 39 Estudante 1: *eu não estou acreditando nisso que eu estou acertando essas coisas*

Nesse episódio os alunos expõem o que pensam sobre a questão e a futura professora os auxilia na discussão. Ela faz perguntas a partir das respostas dadas pelos alunos, selecionando as ideias mais importantes como de “*por que seria difícil?*” (turno 12) e introduz novos termos científicos como o de fóton (turno 25) e quantum de energia (turno 32). A abordagem comunicativa utilizada pela professora é do tipo interativa dialógica.

Intenções da professora	Verificar por que os estudantes escolheram determinada resposta. Garantir que os alunos discutam a questão entre si e que executem a instrução pelos colegas.
Conteúdo	O teste é sobre a detecção de fótons em um dos detectores quando fótons são emitidos um a um (regime monofotônico).
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	Introduziu o conceito de quantum de energia. Fez perguntas com o objetivo de saber por que os estudantes escolheram determinada alternativa. Desenvolveu a instrução pelos colegas com perguntas sobre as opiniões dos alunos. Manteve o desenvolvimento da história científica, ressaltando que é importante discutir o que acontece com os fótons.

Quadro 18- Síntese dos pontos-chave do episódio 9

5.2.10 Episódio 10 – Detecção de fótons emitidos um a um com a retirada de um semiespelho

O teste apresentado para a instrução pelos colegas no episódio 10 é bem semelhante ao apresentado no episódio 9, só que acontece a retirada do semiespelho S₂ (Figura 13). O semiespelho SM₂ é o responsável pelo acontecimento da interferência nos anteparos, não irá interferir na detecção dos fótons. Da mesma

forma da questão do episódio 9 anterior, será detectada a metade dos fótons em cada um dos detectores, .

Suponha que, ainda em regime monofotônico, o espelho semi-refletor S2 fosse retirado do experimento. Pode-se afirmar que, após algumas horas, D₁ detectaria:

- (A) Todos os fótons emitidos.
- (B) A grande maioria dos fótons emitidos.
- (C) Aproximadamente metade dos fótons emitidos.
- (D) Uma pequena minoria dos fótons emitidos.
- (E) Nenhum dos fótons emitidos.

Figura 13- Teste conceitual sobre a detecção de fótons com a retirada do semiespelho S₂.

O gráfico 17 aponta o número de respostas corretas antes da instrução pelos colegas, e o gráfico 18 após a instrução pelos colegas. O aumento do número de respostas corretas é de apenas 3%. Deve-se ressaltar que a alternativa B (a grande maioria dos fótons emitidos) teve um aumento de 2% do número de respostas corretas.

Gráfico 17 e 18 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio começa com os estudantes 1 e 2 dizendo à professora que escolheram a alternativa E, em que o detector 1 não aponta nenhum dos fótons emitidos. Ao ser perguntado pelo o motivo dessa escolha, o estudante 1 dá uma resposta sobre um vidro, como se a retirada do semiespelho impedisse a chegada dos fótons ao detector. Nos turnos 7 e 8, a futura professora faz duas explicações sobre a emissão de fótons e os denomina partículas quânticas. Ao chamar a atenção dos estudantes para a retirada do semiespelho, a professora auxilia na conclusão do estudante 1 de que a interferência acaba (turno 10).

- 1 Professora: e aí... pessoal ?
- 2 Estudante 2: eu coloquei E
- 3 Estudante 1: também
- 4 Professora: por que que vocês colocaram E?
- 5 Estudante 2: porque se tivesse um vidro acabaria
- 6 Estudante 1: é
- 7 Professora: tá... ó... aqui a gente está tratando de fóton... certo... então você lembra que a professora estava falando lá... o que que a professora falou a respeito do fóton... quando a gente está emitindo fóton lá... a gente estava trabalhando com as partículas clássicas... agora a gente está trabalhando com partículas quânticas... existe uma diferença... o que que acontece?
- 8 Estudante 1: qual que é a diferença?
- 9 Professora: ó... presta atenção... quando a gente estava lá na outra questão que a gente tirava o semiespelho... o que que acontecia?
- 10 Estudante 2: acabava

A professora faz outra explicação selecionando as ideias importantes, relacionando à emissão de fótons e não ondas (turno 11), o que leva a uma conclusão correta do estudante 2, de que é detectada a metade dos fótons em um braço do detector. Do turno 11 ao 13, há um padrão de interação do tipo I-R-A, em que a professora avalia a resposta dada pelo estudante 2 no turno 13.

- 11 Professora: interferência... né... a gente estava emitindo ondas... lá tinha interferência.. agora a gente está emitindo fótons... fóton é um pacote de energia... certo? Beleza... vocês viram lá na outra questão... quando a gente emitia um fóton... ele quantizava aquilo então por isso que aparecia aquilo lá... certo?...nesse caso aí você viu que ela estava explicando ali agora... né... que a gente vai ter dois braços... então quando a gente coloca um detector... a gente detecta?
- 12 Estudante 2: metade
- 13 Professora: metade...então se a gente... isso aqui.... por exemplo... se a gente colocar um detector em um braço... a gente vai detectar o que vai pro outro são emitidos... e o que são...
- 14 Estudante 2: refletidos
- 15 Professora: entenderam?
- 16 Estudante 2: então é metade
- 17 Professora: é a metade...vocês entenderam o que você tinha colocado? ((se dirige ao estudante 3))

Da mesma forma dos outros episódios, a professora se dirige ao estudante 3 perguntando a resposta dele, e ele alega que não sabe por que escolheu, não deve ter entendido. A futura professora repete a explicação sobre o experimento para o estudante e estabelece um diálogo com ele, respondendo às questões dele. No turno 25, por exemplo, o estudante tem dúvida sobre o anteparo 1 ou 2, a futura professora faz uma descrição do experimento para auxiliá-lo, indicando para o aluno que o detector 1 foi colocado braço 1 (turno 25).

- 18 Estudante 3: ah coloquei a B
 19 Professora: colocou a B... por que que você achou que era a B?
 20 Estudante 3: sei lá
 21 Estudante 1: ((risos))
 22 Professora: por que que você achou que era a B?
 23 Estudante 3: eu chutei....não entendi
 24 Professora: ó... pensa assim... você tem um negócio aqui... você vai colocar um detector em um dos braços... tá...você vai ter que saber quantos fótons foram emitidos certo? Bom... se você colocou o detector em um braço... quanto você vai detectar no anteparo...pensa no que a professora falou do fóton lá que ela acabou de falar como que os fótons percorrem o anteparo
 25 Estudante 3: no anteparo...o anteparo 1 ou 2
 26 Professora: então no caso ela colocou o detector no anteparo 1 então...quer dizer... no braço 1 então quando a gente colocou o detector no braço 1... o anteparo 2 a gente vai ter o quê ...quantos fótons?
 27 Estudante 3: quantos fótons?
 28 Professora: pensa... lembra do que ela falou que aqui eles se dividem pela metade então metade... a gente detecta em um e metade a gente detecta no outro...você lembrou disso que ela acabou de falar...certo? entenderam?
 29 Estudante 3: humhum ((concorda fazendo gesto de positivo com a cabeça))
 30 Professora: vocês entenderam mesmo? mesmo mesmo? vocês entenderam mesmo... gente... a diferença do clássico e do quântico

Daniela utiliza nesse episódio uma abordagem interativa de autoridade, ela faz perguntas aos estudantes, e eles respondem às questões sem explicitar os seus pontos de vista.

Intenções professora	da	Desenvolver a história científica sobre o experimento do interferômetro de Mach-Zehnder. Ressaltar a retirada do semiespelho e suas consequências.
Conteúdo		O teste é sobre a detecção de fótons em um dos detectores quando é retirado o semiespelho S_2 .
Abordagem Comunicativa		Interativa/de autoridade
Padrões interação	de	I-R-A
Formas Intervenção	de	Enfatizou com os estudantes a retirada do semiespelho, que foi também abordado em outra questão . Explicou com outras palavras a questão para o estudante 3.

Quadro 19- Síntese dos pontos-chave do episódio 10.

5.2.11 Episódio 11 – Detecção de um único fóton

O episódio 11 apresenta um teste conceitual (Figura 15) sobre a detecção de um único fóton nos detectores, D_1 ou D_2 . A questão aborda conceitos de probabilidade, essenciais ao estudo da Mecânica Quântica. A alternativa correta

(letra D) afirma que o fóton tem 50% de chance de ser detectado em D_1 e 50% de chance de ser detectado em D_2 , já que, ao realizar a medição, o fóton tem um comportamento de partícula.

Se no arranjo experimental descrito com presença de S_2 , a fonte emitisse um único fóton, pode-se afirmar que:

- a) O fóton seria detectado com certeza em D_1 .
- b) O fóton seria detectado com certeza em D_2 .
- c) A metade do fóton seria detectada em cada detector simultaneamente.
- d) O fóton teria uma probabilidade de 50% de ser detectado em D_1 ou em D_2 .
- e) O fóton não seria detectado em D_1 nem em D_2 .

Figura 15- Teste conceitual sobre a detecção de um único fóton

No gráfico 19, vê-se uma porcentagem de 40% dos alunos que marcaram a C como resposta correta, a de que a metade do fóton seria detectada em D_1 ou D_2 , como se o fóton pudesse ser divisível. Após a instrução pelos colegas, há um aumento de 5% no número de alunos que escolheram a resposta correta e uma diminuição de 15% no número de alunos que acreditavam que o fóton era divisível.

Gráficos 19 e 20 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio começa com o aluno 2 dizendo que escolheu a opção de que o fóton não seria detectado. A futura professora faz, nesse início, uma tentativa de que os estudantes explicitem o que eles pensam com perguntas do tipo: “*concorda com essa teoria ...é essa mesmo?*”; “*e você concorda?*”; *por que que você acha que você está certo... explica aqui pra mim no desenho*” (turnos 6, 8 e 11). Do turno 6 ao 10, há um padrão de interação do tipo I-R-F-R-R.

- 1 *Estudante 2: eu coloquei a E*
- 2 *Professora: o que vocês colocaram?*
- 3 *Estudante 2: sabe por que eu coloquei... porque se aumenta mais detector... né um detector pega cinquenta por cento e o outro pega mais cinquenta por cento... ai vai ter que tirar*
- 4 *Professora: você concorda com ele? ((se dirige à estudante 1))*
- 5 *Estudante 1: é ((faz um gesto afirmativo com a cabeça))*
- 6 *Professora: concorda com essa teoria... é essa mesmo?*
- 7 *Estudante 2: eu achei que era assim*
- 8 *Professora: e você concorda? ((se dirige ao estudante 3))*
- 9 *Estudante 3 : ((faz um gesto afirmativo com a cabeça))*
- 10 *Estudante 2: fala se está certo ((o estudante se dirige à professora pedindo que ela confirme a resposta dele))*
- 11 *Professora: a outra professora que vai explicar depois... eu não posso falar... você tem que defender a sua teoria aqui pra mim... por que que você acha que você está certo... explica aqui pra mim no desenho*
- 12 *Estudante 2: não por isso aumentou um detector... ele pega cinquenta por cento*
- 13 *Professora: tá*
- 14 *Estudante 2: vai passar por um espelho... **vai voltar nele***
- 15 *Professora: [humhum] ((fala simultânea com o estudante 2))*

Nos turnos 17 e 19, a futura professora faz mais duas tentativas de que os alunos discutam a questão entre eles, realizem a instrução pelos colegas. O estudante 1, percebendo a insistência da futura professora, pede para que o estudante 2 fale alguma coisa para ela responder.

Ao explicar a sua resposta, a estudante 1 percebe que a resposta está incorreta, já que não tem nenhuma alternativa que aponte vinte e cinco por cento (turno 27). O raciocínio dos estudantes é o que 50% dos fótons chegarão a cada detector, o que está correto. O erro deles acontece porque eles pensam que o detector só detecta metade do que chega nele, o que daria 25% dos fótons. A professora, nesse momento, chama a atenção dos alunos para as alternativas apresentadas na questão e pede que eles leiam as opções com o objetivo de que percebam que não existe a opção de resposta com os 25%.

- 16 *Estudante 2: vai pegar o resto ou vai passar vinte e cinco por cento?*
- 17 *Professora: você tem que responder... pensa um pouquinho... discute com ela*
- 18 *Estudante 2: não... não é*
- 19 *Professora: vocês têm que discutir... vão ter que ter uma batalha de ideias... aqui não posso falar*
- 20 *Estudante 1: vai fala:::*
- 21 *Estudante 2: estou pensando*
- 22 *Estudante 1: não... fala alguma coisa pra eu poder responder*

- 23 Estudante 1: não... cada detector pega cinquenta por cento... então não vai ser que vai ser cem por cento que vai ser destruído por que vai sobrar cinquenta por cento vai passar **[vai passar pelo outro então]** vai sobrar vinte e cinco
- 24 Estudante 2: **[então é vinte e cinco]**
- 25 Estudante 1: é ((risos))
- 26 Professora: viu?
- 27 Estudante 2: não tem vinte e cinco por cento ((o aluno fica em silêncio e lê na apostila))
- 28 Professora: leia todas as alternativas com atenção... **você já viu que a sua teoria não estava certa**
- 29 Estudante 2: **[achei é a C ?]** ((fala simultânea com a professora))
- 30 Professora: ((a futura professora não responde à aluna... dá um sorriso sem falar a resposta)) você tem que pensar... não pode ficar chutando... vai... você já viu que a sua teoria não estava certa
- 31 Estudante 1: é:::é a C... eu acho... né... eu acho que sim
- 32 Estudante 2: é a C... é a C porque não vai pegar cem por cento porque vai... é... ele explicou aqui vai passar vinte e cinco por cento ((aponta o desenho na apostila))
- 33 Estudante 2: um vai pegar cinquenta por cento... aí vai sobrar cinquenta por cento aí... como um detector pega metade... vai pegar a metade de cinquenta por cento... vai passar vinte e cinco por cento
- 34 Estudante 1: isso... é... eu acredito ó... se não for isso... já não sei mais
- 35 Estudante 2: ((risos)) eu já não sei mais

Da mesma forma dos outros episódios, a futura professora se dirige ao estudante 3, que sempre está quieto, para perguntar sobre a alternativa escolhida e o porquê da sua escolha.

Com a insistência da futura professora para que a discussão entre os estudantes aconteça, no turno 54, o estudante 2 elabora uma explicação chegando à conclusão novamente de que tem vinte e cinco por cento de chance de o fóton ser detectado. Daniela não avalia as respostas dos estudantes, somente dirige o que deve ser feito para que exista a discussão entre eles como em: “você *têm* que discutir o que que você não entendeu... ele tem que explicar isso “ (turno 43); “ *ah lá... ela vai te explicar então o que que ela acha*” (turno 48) ; “*vai explica pra ele por que que você acha... mostra no desenho*” (turno 50).

- 36 Professora: e ele que está quietinho aqui ((se dirige ao estudante 3))
- 37 Estudante 2: ele nem sabe **[o que ele está falando]**
- 38 Professora: **[vai dá a sua opinião]** ((falas simultâneas))
- 39 Estudante 2: a questão que ele está ((risos))
- 40 Estudante 3: eu acho que é a... foi o que.. o que ele falou mesmo ((se refere ao estudante 2))
- 41 Professora: viram... você entendeu?
- 42 Estudante 2: mais ou menos
- 43 Professora: mais ou menos... você *têm* que discutir o que que você não entendeu... ele tem que explicar isso
- 44 Professora: ele falou que a teoria dele está certa ((se dirigindo ao estudante 2))
- 45 Estudante 2: não... eu acho... não é certeza

- 46 Professora: ((risos))
 47 Estudante 1: eu tenho certeza
 48 Professora: ah lá... ela vai te explicar então o que que ela acha ((se dirige à estudante 1))
 49 Estudante 2: ((risos))
 50 Professora: vai... explica pra ele por que que você acha... mostra no desenho ((a futura professora pede a explicação do estudante 2 para o estudante 3))
 51 Estudante 1: eu não sei como é que chama as coisas aqui_____ **ele explica... aí eu apoio**
 52 Estudante 2: **[o que é] ((falas simultâneas))**
 53 Estudante 1: é por que ele explica melhor que eu **[eu não consigo explicar]**
 54 Estudante 2: ((o estudante 2 começa a explicação para o estudante 3 apontando o desenho na apostila)) cinquenta por cento ele perde quando passa por ele... se tem dois... vai passar uma vez por ele... vai sobrar cinquenta por cento aí... como vai ter que passar pelo segundo... vai pegar metade... vai sobrar o que... vinte e cinco por cento vai ser refletido
 55 Estudante 3: ((escuta a explicação do estudante 2 e concorda acenando com a cabeça))
 56 Estudante 1: entendeu? ((se dirige ao estudante 3)) aí... é que eu não sei explicar... mas eu presto atenção... é sério... tanto é que na hora que ele já falou assim eu já falei ó errou... sobra é vinte e cinco...
 57 Estudante 2: ((risos))

No turno 58, a professora faz uma iniciação perguntando aos alunos se eles entenderam o que o estudante 1 explicou (turno 54) e os estudantes pressionam a professora para dar a resposta correta. Ela afirma que “*não pode falar qual a resposta certa*”, já que vai explicar para eles mais tarde (turno 68). Os estudantes continuam a conversa, insistindo para que a futura professora dê a resposta correta. Nesse episódio, os alunos demonstram insegurança sobre o que estão conversando e mesmo insistindo na avaliação da professora sobre o que afirmaram, não são atendidos.

- 58 Professora: vocês entenderam mesmo... gente?
 59 Estudante 2: ah **se for isso entendi**
 60 Estudante 1: **[se for isso] ((fala simultânea))**
 61 Professora: você vai ver agora... vai falar ((a professora se refere à explicação dada após a segunda votação))
 62 Estudante 1: aí na hora que chega ali falou errou ai...
 63 Estudante 2: aí dá um desânimo
 64 Professora: não... não desanime... vocês estão discutindo isso é bom
 65 Estudante 1: aí discute e chega na conclusão errada ((risos))
 66 Professora: não... calma... vocês vão fazer uma conclusão geral ainda... a teoria dele é
 67 Estudante 2: tá errado se não... se não você tinha... já teria falado
 68 Professora: não... eu não posso falar qual a resposta certa
 69 Estudante 1: por quê?
 70 Professora: porque ela que tem que explicar pra vocês ((se referindo à outra professora))
 71 Estudante 1: mas fala... assim vocês estão

- 72 Estudante 2: *vai... se piscar o esquerdo tá certo*
 73 Professora: *NÃO ((risos)) isso...*
 74 Estudante 1: *you não está falando... você não vai estar falando*
 75 Estudante 2: *você vai piscar o esquerdo*
 76 Professora: *vocês têm que pensar..... a questão aqui tá aqui... vocês têm que pensar*
 77 Estudante 1: *mas a gente está pensando... a gente penso:::::u ((risos))*
 78 Estudante 2: *ela piscou os dois... cara*
 79 Estudante 1: *já era*

Daniela pergunta mais uma vez ao estudante 3 (turno 80) sobre o que ele pensa e ele responde: “*eu só entendo... mas não sei explicar*”, o que gera um comentário de deboche do estudante 2 (turno 82). O estudante 3, que permaneceu calado em quase todos os episódios, explicita o seu motivo no turno 81 de que explicar é uma tarefa difícil para os estudantes. Para conseguir explicar para os colegas o que cada um pensa, é necessário ter um raciocínio elaborado sobre o assunto e apresentar argumentos passíveis de convencimento.

- 80 Professora: *você entendeu mesmo mesmo mesmo? você consegue me explicar agora sozinho ((se dirige ao estudante 3))*
 81 Estudante 3: *eu só entendo... mas não sei explicar ((os estudantes 1 e 2 riem da resposta do estudante 3))*
 82 Estudante 2: *eu sei só que não sei explicar*
 83 Estudante 1: *((risos)) ah não para... assim fica parecendo que eu não sei também*
 84 Estudante 2: *eu tento*
 85 Estudante 3: *ele passa por esse aqui*
 86 Professora: *olha o que está acontecendo aqui?*
 87 Estudante 3: *tem cinquenta por cento aqui*
 88 Professora: *sim*
 89 Estudante 3: *e acho que passa por esse e tem cinquenta passando pra cá vai pegar metade que é vinte e cinco por cento*
 90 Professora: *tá e da onde ele vai? e da onde ele vem primeiro ((a discussão é interrompida pela outra professora para a segunda votação))*
 90 Professora: *ó ela vai fazer a discussão pra vocês*

Intenções da professora	Garantir o desenvolvimento da história científica por meio da instrução pelos colegas.
Conteúdo	O teste é sobre a probabilidade de detecção de um único fóton no detector.
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialogica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora deu instruções para auxiliar a discussão dos estudantes, pediu para que eles explicassem os seus motivos e explicitassem o que pensavam.

Quadro 20- Síntese dos pontos-chave do episódio 11

A abordagem desse episódio é interativa dialógica, já que a futura professora escuta o que os alunos dizem, os pontos de vista de cada um. Ela tem a preocupação de executar a instrução pelos colegas e instrui os alunos a fazê-la.

5.3 A entrevista final da professora Daniela

A entrevista final ocorreu após a aplicação do minicurso sobre conceitos básicos de Mecânica Quântica. A entrevista começa com a futura professora apontando as dificuldades na montagem das aulas invertidas do minicurso, que foram preparadas em grupo. Para ela, a preparação em conjunto é bem mais complexa do que a elaboração de aulas individualmente.

preparar as aulas foi bem complicado né... porque como é um grupo é diferente de quando você prepara as aulas sozinho (informação verbal)²⁶.

acho que você preparar aula sozinha é melhor porque você é o professor dentro de uma sala de aula (informação verbal)²⁷.

Ao ser perguntada sobre as diferenças que ela considera entre as aulas tradicionais e as aulas que utilizaram o *peer instruction*, a futura professora diz que: “usando a metodologia... é muito difícil... assim é complicado”. Ela consegue perceber a mudança de postura do professor quando aplica a metodologia e diz que o professor na aula tradicional não lida com o inesperado, explica o que planejou aos alunos e não se preocupa em saber se eles estão entendendo.

porque você tem que ter uma posição muito diferente de um professor que só expõe a disciplina porque... quando você está... eu pelo menos eu percebi assim... quando você está expondo só a disciplina... é muito fácil... porque é como se você não precisasse saber a opinião dos alunos... porque... quando você está expondo a disciplina pra você... eles estão entendendo... se eles não entendem... eles te fazem alguma pergunta... você responde... aquilo acaba ali... você realmente não sabe se eles entenderam (informação verbal)²⁸.

²⁶ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (19 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice B dessa tese.

²⁷ Id., 2013.

²⁸ Id., 2013.

Ao utilizar a metodologia da instrução pelos colegas em sala de aula, Daniela aponta que o professor diante do *feedback* dado pela porcentagem de acertos dos estudantes, deve saber explicar para os alunos de forma diferente e que isso a assusta.

agora quando você aplica essa metodologia nova... você tem aquele *feedback* se eles estão realmente entendendo ou não e aí você tem que saber colocar aquela posição... como que eu vou realmente voltar a explicar essa matéria de um jeito diferente porque daquele jeito que eu já falei... eles não entenderam... então é muito difícil assim eu achei complicad::::do para um professor... é muito difícil pra um professor novo assim que nunca pegou assim... assusta que nem a primeira vez eu assustei ((risos)) (informação verbal)²⁹.

Outro ponto a ser destacado da entrevista ocorre quando a futura professora relata as dificuldades encontradas ao auxiliar os estudantes na discussão entre pares. Para ela, “*a parte de fazer eles discutir é muito mais complicado ainda*”. Daniela aponta os problemas encontrados por ela ao mediar a discussão entre pares: a diferença do conhecimento dos alunos; a pouca participação do estudante 3 nos diálogos; e o deboche dos estudantes 1 e 2 em relação a ele.

naquela bancada tinha três tipos de aluno... o aluno que sabia muito... o aluno que sabia mediano e o aluno que não conseguia entender nada... que era aquele terceiro aluno que estava aqui do outro canto... então isso dificultou porque quando eu colocava eles pra discussão... o terceiro aluno ele quase não opinava (informação verbal)³⁰.

o que assim me preocupou foi o terceiro aluno que ele eu não sabia como fazer... ele por mais que eu tentasse... eu não conseguia fazer ele interagir com os outros dois não sei se ele se sentiu mais assim por causa dos dois (informação verbal)³¹.

Um obstáculo encontrado pela futura professora ao mediar a discussão foi a atuação da estudante 1 que, segundo ela, “*induzia as outras pessoas a pensar do jeito que ela pensava*”. Ela acredita que o fato da estudante 1 “*induzir as pessoas a entender o jeito dela*” dificultava a discussão entre os pares.

²⁹ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (19 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice B dessa tese. Id., 2013.

³⁰ Id., 2013.

³¹ Id., 2013.

porque a menina que sabia muito ela opinava mais e por mais que eu instigasse o estudante 3 a falar ele não se sentia à vontade... eu não sei se ele estava com vergonha... e ela mesmo interrompia então ficou uma coisa bem difícil assim... eu não sabia como lidar com isso (informação verbal)³².

A futura professora comenta sobre as dificuldades enfrentadas na mediação da discussão, quando todos os estudantes erravam e ela tinha que auxiliá-los, a diferença que existiu no momento da aplicação da metodologia e o que foi estudado na teoria .

eu percebi que na hora que realmente a gente vai aplicar é muito diferente porque sabia tudo... mas na hora de aplicar você meio que trava assim... porque é aquele negócio... todo mundo... quando tipo a maioria erra a questão... você tem que voltar eles a fazer a discussão né... tem que fazer a discussão... (informação verbal)³³.

depois eles vão responder de novo... só que na hora que eles erram a primeira vez assim eu meio que... eu quase falei porque que estava errado... sabe... é muito difícil a adaptação por mais que você olha a gente trabalhou consideravelmente muitos meses sobre a metodologia... mas na hora que vai aplicar a gente meio que trava assim porque é muito complicado (informação verbal)³⁴

Ao ser perguntada sobre a sua performance em mediar a discussão, em instigar os alunos a discutir os testes conceituais, a futura professora aponta que nunca forneceu prontamente a resposta das questões. Daniela considera o fato de não dar a resposta correta aos alunos um ponto positivo. Ela relata que a estudante 1 acreditava que a função da professora era tirar dúvidas sobre os testes e, como ela não fornecia a resposta, teve algumas dificuldades em fazer com que os alunos discutissem entre si. Daniela tem consciência de que não poderia fornecer a alternativa correta aos alunos e que deveria auxiliar a discussão entre os pares.

ela ((a estudante 1)) me fazia perguntas e eu não sabia como que eu tipo fazia ela pensar a respeito das respostas das próprias perguntas sem que eu desse a resposta... entendeu? na visão dela eu ainda estava ali pra responder às perguntas dela... as dúvidas dela... então foi muito difícil eu tentar fazer é:::: eles responderem à pergunta dela (informação verbal)³⁵.

³²Id.,2013.

³³ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (19 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice B dessa tese.

³⁴ Id.,2013.

³⁵ Id.,2013.

A futura professora comenta a importância da instrução pelos colegas ao relatar um momento do minicurso em que os estudantes 1 e 2 discutiram entre si e se ajudam mutuamente

é aquele aluno do meio que é o aluno mediano... eles conversaram bastante... eles discutiram bem... assim eu gostei da discussão deles assim e... eu achei... teve uma hora que ela errou e foi ele que ajudou ela errar... acho que se eu não me engano foi no Mach-Zehnder e foi bem legal assim porque eu vi realmente os dois discutindo sabe... bem foi bem forte assim... aí eu vi que ele ajudou ela entender o ponto que ela tinha errado... foi uma parte que eu gostei (informação verbal)³⁶.

Para ela, o fato de os alunos discutirem o teste entre si estimula o interesse deles pelo assunto e é uma forma de prender a atenção dos estudantes; *“quando você só fica escutando... você não aprende... sabe...você tem que ter interação de algum modo”* (informação verbal)³⁷.

A futura professora é aluna do primeiro período do curso de licenciatura e, portanto, não assistiu às aulas da disciplina de Física Quântica do seu curso. Ao ser questionada sobre os estudos em Quântica e sobre o fato de não ter cursado a disciplina ainda, Daniela responde que, se tivesse tido a disciplina, se sentiria mais segura para ensinar, mas que é capaz de explicar o conteúdo de Quântica para os alunos.

eu acho que se eu tivesse já tido a disciplina ia facilitar um pouco pra eu poder passar esse conhecimento para eles... acho que não pelo fato de eu não saber... mas só pelo fato de eu me sentir um pouco mais segura em relação ao conhecimento que eu já tenho (informação verbal)³⁸.

porque o conhecimento que eu já tenho quando eu vou passar em sala de aula me sinto segura... mas quando é conhecimento novo eu ainda não treinei muito... assim eu treinei o básico... então em teoria eu consigo explicar um pouco de física quântica pra qualquer aluno... mas eu não sei o assunto aprofundado acho que se eu soubesse o assunto realmente aprofundado... isso ia me trazer um pouco mais de segurança sabe... se eu tivesse tido a disciplina mesmo... tido a obrigação (informação verbal)³⁹.

³⁶ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (19 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice B dessa tese.

³⁷ Id., 2013.

³⁸ Id., 2013.

³⁹ Id., 2013.

A futura professora, na entrevista final, diz que é possível ensinar Física Quântica no ensino médio e que o minicurso teve bons resultados; segundo ela, os alunos a elogiaram muito. Ela considera o assunto de Quântica importante principalmente para os estudantes que cursarão exatas, a Quântica “*explica basicamente tudo o que a gente vê hoje*”.

No final da entrevista, são feitas duas perguntas à futura professora: se o projeto executado no PIBID a ajudará na sua carreira e se as aulas que ela futuramente dará serão modificadas pelo que ela vivenciou no PIBID. Daniela responde que o projeto deu a ela experiência para lidar com os alunos e que, quando ela for dar uma aula, será diferente.

a situação de que você é um professor... mas que você tem que por a postura que você não é do dono do saber que você está sujeito a opiniões ali sabe...é diferente você chegar na verdade eu comparo isso já no tempo que eu chegava desde o começo do ano entrando numa sala de aula...olha como eu estou chegando agora (informação verbal)⁴⁰.

A futura professora relata as modificações que ela acredita que sofreu ao participar do projeto PIBID. Todas as modificações estão relacionadas às formas de lidar com os estudantes, com a preocupação de saber se eles aprenderam o conteúdo

é diferente... antes eu chegava... como eu dou aula no cursinho... né eu chegava... dava aula... ia embora assim... não tinha aquela preocupação sabe em saber como o aluno está... sabe se ele realmente está aprendendo... (informação verbal)⁴¹.

a gente no PIBID... a gente tinha que analisar muito isso... como que o aluno realmente vai aprender o que a gente vai passar... né... também isso cria uma preocupação no professor... no começo eu não tinha essa preocupação... pra mim era chegar... expor o conteúdo e ir embora o problema era deles... (informação verbal)⁴².

eu me preocupo em saber se realmente eles estão aprendendo sabe e como que eu posso mudar meu jeito de ensinar pra que todo mundo na sala aprenda... já que os alunos não são iguais... então a gente tem que ter essa preocupação... eu tenho essa preocupação hoje pelo menos eu já criei isso... então eu fico preocupada pensando em casa como que eu posso mudar o jeito de explicar isso pra que todo mundo entenda (informação verbal)⁴³.

⁴⁰ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (19 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice B dessa tese.

⁴¹ Id.,2013.

⁴² Id.,2013.

⁴³ Id.,2013.

5.4 Discussão dos resultados da professora Daniela

Daniela é uma futura professora em formação inicial, que cursava, na época do projeto, o primeiro ano da licenciatura. Não tinha, antes do PIBID, nenhum conhecimento do assunto de Mecânica Quântica e nenhuma experiência na docência. Nos episódios analisados, Daniela conta a história científica, utilizando-se de um discurso predominantemente empírico-teórico. O discurso é empírico já que as duas aulas abordam os dois experimentos, o da dupla fenda e o de Mach-Zehnder. O discurso é teórico porque ela utiliza conhecimentos da Mecânica Quântica para explicar o funcionamento dos experimentos. Um dos objetivos da professora é apresentar aos estudantes o mundo quântico, suas características nada triviais, que diferem muito da física clássica.

Ela aponta, na entrevista inicial, as possíveis dificuldades que encontraria ao ensinar os conteúdos introdutórios de Física Quântica, como: a falta de conhecimento dos estudantes em relação à Física Clássica; a dificuldade do assunto da Quântica, a falta de interesse dos alunos pelo conteúdo. Daniela reforça na entrevista que a preparação para as aulas deveria ser melhor devido à dificuldade em ensinar Mecânica Quântica. Após participar do minicurso e mediar as discussões entre os pares, as opiniões de Daniela são bem mais otimistas (Quadro 13); a futura professora afirma que ela agora consegue ensinar o básico de Física Quântica para qualquer aluno e que, se aprofundasse mais no conteúdo, teria mais segurança ainda. Considera que teve bons resultados no minicurso devido ao retorno positivo dos estudantes e que é possível sim ensinar Mecânica Quântica no ensino médio. A futura professora atribui uma importância ao conteúdo do minicurso, a Quântica explica tudo o que se vê hoje. Daniela acredita que irá encontrar alguns obstáculos ao enfrentar a sala de aula utilizando uma metodologia nova e que acha que terá dificuldade em mediar a instrução pelos colegas. Ela relata não saber como vai cobrar a responsabilidade dos alunos nas discussões, mas cria durante as aulas algumas maneiras de auxiliar e promover a instrução pelos colegas.

Ao aplicar a metodologia, a futura professora tem a função de mediar a discussão e ajudar os alunos a chegar à conclusão correta. Nessa interação, o aluno explicita o seu ponto de vista, convence o colega sobre o que ele pensa, discute pontos importantes do assunto apresentado e elabora argumentos que defendam a sua escolha. Esse tipo de postura do estudante foi uma novidade para todos os

alunos participantes do minicurso, a maioria estava acostumado a assistir a aulas tradicionais e interagir pouco com colegas e com a professora. Diante disso, Daniela teve que orientar os alunos quanto ao funcionamento da metodologia, de como argumentar com o colega que deu uma resposta diferente ou igual à do outro, sobre o que discutir e de como fazer para realizar uma boa discussão. Até que os estudantes ficassem habituados a esse tipo de atividade, a professora realizou algumas instruções do tipo: *“tá... então, vocês podem trocar... eu quero que vocês discutam o que vocês responderam... será que todo mundo de trás respondeu a mesma coisa?”*; *“quero que vocês discutam entre si”*; *“vai explica pra ele por que que você acha... mostra no desenho”*.

Podemos identificar nos episódios da futura professora Daniela três momentos distintos, que relacionam as intenções da professora com momentos da instrução pelos colegas (*peer instruction*). No início de todos os episódios, Daniela realiza perguntas do tipo: *“o que vocês colocaram?”*; *“você concorda com ele?”*; *“por que que vocês colocaram E?”*, essas iniciações têm o objetivo de saber o que cada aluno marcou e o porquê. Essas intervenções da professora facilitaram a discussão entre os pares, já que as ideias são compartilhadas com todos os estudantes da bancada e permitem que a futura professora elabore novas questões baseadas nos pontos de vista dos alunos e dê prosseguimento à instrução pelos colegas. Ao escutar sobre as alternativas escolhidas e os motivos de cada estudante, a professora apresenta a questão científica aos alunos e os envolve no desenvolvimento do assunto científico.

Após o momento inicial, Daniela guiou os estudantes na discussão, auxiliou o confronto de ideias com perguntas sobre o ponto de vista de cada aluno, apresentou conceitos científicos que não estavam na discussão, fez perguntas sobre alguns conceitos essenciais e respondeu a algumas questões dos alunos, quando ocorriam. A mediação da discussão foi feita utilizando padrões de comunicação tanto do tipo I-R-A (iniciação-resposta-avaliação) quanto I-R-F (iniciação-resposta-*feedback*). Nos padrões I-R-A, a professora faz uma iniciação e avalia a resposta do estudante em seguida. Nos padrões I-R-F (iniciação-resposta-*feedback*), a professora faz a iniciação e dá *feedbacks* às respostas dos estudantes com o objetivo de saber mais sobre o que o estudante pensa e redirecionar o seu raciocínio. Nesse momento Daniela também ajudou os estudantes a internalizar os significados e fazer sentido individualmente.

Padrão I-R-A

Professora: por que que teve interferência?

Estudante 1: porque tem duas ondas

Professora: sim então vocês conseguem diferenciar essa da questão anterior que era bala de metralhadora?(episódio 5)

Padrão I-R-F

Professora: bom... a pergunta que eu fiz vocês sabem me dizer o que é interferência?

Estudante 1: interferência ocorre nas ondas

Professora: ocorre nas ondas... mas o que ela é?

Estudante 1: é quando uma onda tromba na outra ((a estudante faz um gesto entrelaçando os dedos))

Professora: é quando a gente tem uma sobreposição de ondas (episódio 2).

O conteúdo de Física Quântica	
Trechos da entrevista inicial	Trechos da entrevista final
em minha opinião, os alunos encontrarão dificuldades à medida que não tiverem uma base significativa de física clássica (informação verbal) ⁴⁴ .	assim eu treinei o básico... então em teoria eu consigo explicar um pouco de Física Quântica pra qualquer aluno... mas eu não sei o assunto aprofundado acho que se eu soubesse o assunto realmente aprofundado isso ia me trazer um pouco mais de segurança sabe...se eu tivesse tido a disciplina mesmo... (informação verbal) ⁴⁸ .
uma das maiores dificuldades também, em minha opinião, será fazer com que o assunto física moderna torne-se interessante para alunos do ensino médio, a fim de que consigamos captar toda a atenção e o interesse deles (informação verbal) ⁴⁵ .	a gente teve bons resultados... eu achei..... assim...até inclusive porque depois posterior ao minicurso quando os alunos estavam lá fora eles vieram elogiar a gente... estava eu e o professor Marcelo... então assim... eu achei eu não sei se... acho que foi a mesma situação que a minha assim em teoria eles aprenderam... mas obviamente eles não aprenderam tudo sabe... mas eu acho que é possível... sim é que foi um minicurso... então foram poucas aulas... mas eu acho que é possível ensinar sim (informação verbal) ⁴⁹ .
porque eu acho que física moderna como é um assunto muito complicado que as escolas até não costumam passar hoje em dia... então eu acho que tem que ter todo um planejamento maior e melhor... é a minha opinião (informação verbal) ⁴⁶ .	Física Quântica...assim porque se for ver ela explica basicamente tudo o que a gente vê hoje (informação verbal) ⁵⁰ .
eu acho...que ...o problema mesmo é em estruturar esse conteúdo porque é muito são dois mundos diferentes (informação verbal) ⁴⁷ .	

Quadro 21- Considerações da futura professora Daniela sobre o conteúdo de Mecânica Quântica

⁴⁴ Entrevista concedida por Daniela (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (16 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice A dessa tese.

⁴⁵ Id.,2013.

⁴⁶ Id.,2013.

⁴⁷ Id.,2013.

⁴⁸ Id.,2013.

⁴⁹ Id.,2013.

⁵⁰ Id.,2013.

No momento final do episódio, a professora transferia para os alunos a responsabilidade da escolha individual, fazia o fechamento do episódio e os guiava para uma segunda votação.

Daniela conseguiu estabelecer com os estudantes abordagens interativas em todos os episódios, conseguiu envolver os alunos nas discussões sobre o assunto de Mecânica Quântica de forma interativa. Em cinco episódios, a abordagem comunicativa utilizada foi interativa dialógica e em sete episódios foi interativa de autoridade, sendo que, no episódio 2, a professora utilizou as duas abordagens. As abordagens interativas dialógicas aconteceram quando a futura professora partiu do ponto de vista dos estudantes para mediar a discussão. Os alunos expuseram o que pensavam sobre determinado conceito, e a professora fez iniciações baseadas nas ideias deles. As abordagens interativas de autoridade da professora Daniela aconteciam quando: os alunos começavam a discussão e tomavam um rumo errado com ideias incorretas, quando se desviavam do assunto proposto no teste, e quando não conseguiam começar, ou prosseguir a discussão da questão.

Os padrões de comunicação utilizados nas cinco abordagens interativas dialógicas foram do tipo I-R-F, a futura professora interagiu com os alunos fazendo iniciações e dando *feedback* às respostas deles. Esse tipo de padrão de comunicação favorece a instrução pelos colegas, já que, por meio do *feedback* da professora, os estudantes elaboram melhor seus argumentos, justificam suas escolhas e compartilham as ideias com os colegas. As abordagens interativas de autoridade tiveram predominantemente um padrão de comunicação do tipo I-R-A, exceto no episódio 7, em que ocorreram dois padrões do tipo I-R-F-A e I-R-F. Esse episódio corresponde ao momento em que a futura professora, por meio de perguntas, auxilia os estudantes a comparar a função dos semiespelhos nos dois experimentos, o da dupla fenda e o do Mach-Zehnder. Ela estabelece uma abordagem de autoridade, realiza várias iniciações e fornece vários *feedbacks* às suas perguntas, levando os estudantes a modificarem a sua resposta.

Na entrevista final, a futura professora Daniela aponta as dificuldades encontradas ao utilizar a metodologia:

- ter a presença de uma aluna mais capaz dentre os estudantes da bancada, o que fazia com que as ideias dela sobressaíssem;
- conseguir fazer o estudante 3 participar das discussões;

- explicar o assunto de uma forma diferente do que foi feito anteriormente; já que, ao verificar o *feedback* das respostas, ela já sabia que os alunos tinham errado e deveria explicar de outra maneira;
- não fornecer a resposta correta da questão, mesmo quando os alunos iniciavam a discussão de forma incorreta.

Essas dificuldades foram levantadas pela futura professora, após a aplicação do minicurso de Mecânica Quântica. A capacidade de identificar os obstáculos na aplicação da metodologia torna a professora mais capacitada a utilizá-la e mais segura em uma situação futura semelhante, conhecendo o tipo de dificuldade que irá encontrar.

5.5 A futura professora Clara

A outra aluna escolhida para o estudo de caso é estudante do último período do curso de licenciatura de ciências exatas do curso da USP- Campus São Carlos. Sempre gostou de física e de ensinar. Ficou sabendo do curso por seus antigos professores, que recomendaram a ela a licenciatura, já que sempre gostou de tirar dúvidas de amigos e dos colegas em sala. Durante o curso, ela relata que: *“acabei me apaixonando muito pela área de humanas que é a educação então é uma coisa... uma área que me interessa bastante é a educação (informação verbal)”*⁵¹. Na sua entrevista, a futura professora relata o desejo de terminar o curso e seguir a área acadêmica em educação, cursando um mestrado em ensino de física.

Clara já possuía, na época da pesquisa, experiência no magistério, em duas escolas, uma de ensino médio com aulas de reforço e em um pré-vestibular. Sentia a necessidade em preparar aulas e relata na entrevista uma dificuldade nesse processo,

acho que... nossa... preparar aula é muito difícil nó eu tenho muita dificuldade... parece que eu não aprendi nada na faculdade... eu tenho que ler... pesquisar... ficar olhando... gente... aí na hora ela sai totalmente diferente... eu falo que ordem é essa que eu fiz (informação verbal)⁵².

⁵¹ Entrevista concedida por Clara (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (36 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice C dessa tese.

⁵² Id., 2013.

Quando é perguntada sobre o que um professor precisa saber fazer para ser bom, ela aponta que: *“acho que tem uma grande diferença entre você saber tudo e saber dar uma aula... saber expor... ensinar é bem diferente (informação verbal)”*⁵³. Ela considera que a física ensinada nas salas de aula de forma geral (ensino médio e ensino superior) deveria ser mais teórica, *“a parte teórica é muito importante pra gente e o que a gente vê é aplicação de fórmula... né... então a gente... é muita conta... conta (informação verbal)”*⁵⁴.

O contato que a futura professora teve com o conteúdo de Física Quântica foi em uma disciplina obrigatória do seu curso, denominada estrutura da matéria, e ela acredita que ter cursado a matéria a ajudou muito no projeto PIBID; *“porque tinha coisa que eu... tinha alguns termos que eu via na sala que já tinha visto aqui principalmente a parte de história... experimento... acho que faz muito sentido (informação verbal)”*⁵⁵. Clara acha que existe dificuldade em ensinar Mecânica Quântica e aponta alguns motivos para isso como o receio dos professores por ser algo novo, um pouco confuso e por depender de um domínio matemático. Segundo ela, *“o que mais eles (os professores) têm medo é da formação matemática ser muito complexa... eles não estão preparados... eu tenho medo (informação verbal)”*⁵⁶.

Em relação à metodologia das aulas invertidas, a professora, acha interessante, mas diz que também aposta em aulas expositivas, *“eu penso muito no cru também... a gente tem que ter lousa... alguns momentos em aula tradicional... mas tem que ter tudo... eu acredito na diversidade (informação verbal)”*⁵⁷. Clara acredita que a metodologia escolhida tem chances de dar certo, por ser algo diferente para o aluno, e que isso estimula os estudantes a aprender, *“só da gente ter ido lá na escola mostrar o vídeo um software eles acharam legal... então... (informação verbal)”*⁵⁸.

⁵³ Id., 2013.

⁵⁴ Id., 2013.

⁵⁵ Entrevista concedida por Clara (nome fictício). **Entrevista Inicial**. [ago. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (36 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice C dessa tese.

⁵⁶ Id., 2013.

⁵⁷ Id., 2013.

⁵⁸ Id., 2013.

Ao ser questionada sobre o que ela acredita ser uma inovação curricular, a futura professora dá uma resposta que envolve a inserção de um novo assunto e uma nova metodologia, demonstrando saber o que será realizado no minicurso,

eu já li muita coisa de inovação curricular... mas é bem difícil porque pode ser várias coisas às vezes porque só de inserir a Física Moderna já estaria inovando o currículo... mas o cara poderia dar uma aula tradicional... então eu acho que está querendo casar algo que talvez faça sentido inovar tanto no currículo de conteúdos como na parte didática né metodológica... na sala de aula (informação verbal)⁵⁹.

Após dar essa definição, a professora declara que não se considera preparada para fazer uma inovação curricular.

5.6 Os episódios da futura professora Clara

5.6.1 Episódio 1 - Interferência

O episódio 2 corresponde ao segundo teste conceitual apresentado no minicurso da dupla fenda, em que o aluno deve classificar a interferência como pertencente ao mundo quântico, clássico ou aos dois mundos (Figura 16).

Classificar as seguintes características e fenômenos como pertencentes ao mundo clássico, ao mundo quântico ou aos dois mundos

Interferência

- a) mundo clássico.
- b) mundo quântico
- c) mundo clássico e quântico.

Figura 16– Teste apresentado no episódio 2

Os gráficos abaixo (Gráficos 21 e 22) apontam que houve sucesso na instrução pelos colegas, o percentual de acerto aumentou de 55% para 77%. A

⁵⁹ Id., 2013.

resposta da letra C, correta, caracteriza a interferência como pertencente aos dois mundos, clássico e quântico.

Gráficos 21 e 22- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

Clara aproxima-se da bancada e verifica que os estudantes escolheram a letra A e B, na sequência ela elabora várias perguntas sobre o fenômeno da interferência como: “ *vocês entenderam essa interferência... o que acontecia?* “; “ *o que vocês pensam de interferência foi falada* “; “ *vocês acham que acontecia só no mundo quântico?*“ com o objetivo de explorar a visão dos estudantes sobre o fenômeno da interferência.

No turno 6 a professora compartilha as alternativas de todos os estudantes em voz alta, deixa disponível no plano social da aula. Do turno 6 ao 9, ocorre um padrão de interação do tipo I-R-R-F, em que a futura professora Clara não faz nenhuma avaliação das respostas dos alunos. No turno 9, ela se dirige aos estudantes da bancada dizendo o que cada um escolheu e pede para os alunos convencerem uns aos outros, dá uma instrução de como deve ser realizada a discussão.

- 1 Professora⁶⁰: e aí o que vocês colocaram ?
- 2 Estudante 5: coloquei A
- 3 Professora: e você colocou o quê? ((se dirige ao estudante 6))
- 4 Estudante 6: B
- 5 Estudante 7: B
- 6 Professora: elas colocaram a B e você que colocou a A... mas acha que é a C ((se dirigindo ao estudante 5))... a alternativa C coloca a interferência pertencente aos dois mundos quântico e clássico quando vocês liam no livro essa interferência... vocês entenderam essa interferência... o que acontecia?... o que vocês pensam de

⁶⁰ Optou-se por colocar nas transcrições o termo professora, para facilitar a leitura. É importante ressaltar que se trata de uma professora em formação inicial.

interferência foi falada... nas outras aulas... acontecia só... vocês acham que acontecia só no mundo quântico?

7 *Estudante 5: é o esquema das fendas... né?*

8 *Estudante 6: acho que não*

9 *Professora: você acha que não? acha que é a C?... e vocês... meninas? vocês continuam com a B? você acha que só no mundo quântico... no mundo clássico? ele colocou ((se referindo ao aluno 5))... agora ele acha que é a C... né? mas enfim... ((risos)) vocês continuam... vocês acham que só no mundo quântico então assim você tenta convencer ele e ele tenta convencer você ((risos)) a gente tem que entrar em um consenso*

A futura professora repete as palavras ditas pelos estudantes 5 e 8 (turnos 13 e 15) com o objetivo de auxiliá-los a continuar a história científica e marcar o que é importante. Ela também pede aos estudantes que busquem na apostila partes do texto que apoiem a resposta deles, dando instruções de como encontrar argumentos para apoiar as suas ideias. Para ajudar os estudantes, ela lê os trechos apontados por eles na apostila, sem tecer nenhum comentário.

Nesse episódio, Clara utiliza uma abordagem interativa dialógica, escuta o que os estudantes têm a dizer e é a partir do ponto de vista deles que o episódio se desenvolve.

10 *Estudante 5: sabe por que o carinha lá do clássico... ele que estava explicando pra Alice também né o que era interferência como acontecia né quando ele levou ela naquela salinha lá*

11 *Professora: entendi... então ele também citou no mundo...*

12 *Estudante 5: clássico*

13 *Professora: no clássico... vocês lembram dessa parte? vocês concordam ou discordam dele ((pergunta sobre a resposta do estudante 5)) busquem no livro ((os estudante folheiam e procuram na apostila do minicurso))*

14 *Estudante 8: vê aí pra você ver ((se dirigindo ao estudante 5)) na última linha*

15 *Professora: na última linha*

16 *Estudante 5: que página?*

17 *Estudante 8: mais embaixo antes da foto aí... naquele quadradinho mais escuro na última linha em cima ((o estudante 8 mostra para o estudante 5))... aqui ó*

18 *Professora: comparadas no experimento dele... ((leitura de um trecho da apostila em voz alta))*

19 *Estudante 6: eu acho que é B*

20 *Professora: a B? você continua com a B ((se dirigindo à estudante 6)) e você também acha? ((se dirigindo à estudante 7))*

21 *Estudante 7: também*

22 *Professora: a interferência... essa parte ((o estudante 7 mostra um trecho da apostila para a futura professora que lê em voz alta))*

23 *Estudante 5: é a B mesmo nossa...*

24 *Professora: e aqui ó... essa parte a interferência é classicamente uma propriedade das ondas ((a futura professora mostra na apostila e novamente lê em voz alta pra todos ouvirem))*

Intenções da professora	Explorar as ideias dos estudantes sobre interferência. Guiar os estudantes para expor as suas opiniões e para discutirem entre si.
Conteúdo	Classificar se a interferência é um fenómeno do mundo clássico, do mundo quântico ou dos dois mundos.
Abordagem Comunicativa	Interativa/ dialógica .
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	Marcou ideias importantes, repetindo frases durante o diálogo entre os alunos e, ao ler trechos do livro, usou uma entonação de voz particular quando pede para os estudantes buscarem o conhecimento no livro. Verificou os conceitos dos estudantes sobre o fenómeno da interferência pedindo esclarecimentos sobre as suas ideias

Quadro 22- Síntese dos pontos-chave do episódio 1

5.6.2 Episódio 2 – Experimento de Young

O segundo episódio com a participação da professora Clara acontece após a demonstração do simulador de ondas na água, que comprova o fenómeno da interferência entre ondas produzidas na água por meio do *software* livre. O teste apresentado é o sobre o experimento da dupla fenda e foi escolhida uma questão sobre o tipo de interferência que será formada no anteparo, interferência construtiva (região clara) ou interferência destrutiva (região escura) (figura 17).

O padrão de interferência de duas fontes ondulatórias está representado a seguir em um desenho original feito por Thomas Young (fig.1), em que os círculos escuros representam as cristas da onda e os espaços em branco os ventres.

FIG. 1

Se atrás desse experimento for colocado uma tela os pontos C,D,E e F iriam representar regiões

- a) claras
- b) escuras

Figura 17- Teste apresentado no episódio 2

Após a instrução pelos colegas, a resposta correta (alternativa B) obteve um aumento percentual de 25% em relação ao número de respostas corretas anterior à instrução pelos colegas (Gráficos 23 e 24).

O episódio começa com o estudante 5 dizendo que marcou a alternativa A, mas que era para ter escolhido a alternativa B, já começa apontando uma dúvida quanto a sua escolha. Clara faz uma iniciação perguntando sobre o que significam regiões claras e escuras (turno 6), o estudante 5 responde dizendo que “*claro é aquela parte que sobra*”. Sem entender o que essa resposta significa, a futura professora questiona o estudante 5 sobre a sua resposta, e ele a repete da mesma forma no turno 9. Após escutar a repetição do estudante, a professora faz uma explicação teórica, introduzindo o conceito de soma e subtração e relacionando isso ao fenômeno da interferência. Essa explicação auxilia os alunos a produzir sentido sobre as regiões claras e escuras.

Do turno 14 ao 16, há um padrão de comunicação do tipo I-R-A, em que a professora Clara avalia a resposta do estudante 8 e é ajudada pelo estudante 5.

Gráficos 23 e 24- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

- 1 Estudante 5: *então eu pus a A... mano... mas está errado... é B*
- 2 Professora: *e aí o que vocês acham? ((a futura professora se aproxima da bancada))*
- 3 Estudante 5: *coloquei A... mas era pra ter colocado B*
- 4 Professora: *oi? ((dirigindo-se ao estudante 5))*
- 5 Estudante 5: *eu coloquei A... mas era pra ter colocado B*
- 6 Professora: *então você acha que é a B e vocês colocaram qual? A? ((a estudante 7 concorda com a cabeça)) ahhh... o que significa claro e escuro?*
- 7 Estudante 5: *claro é aquela parte que sobra... né ?*
- 8 Professora: *ahn? ((se dirige ao estudante 5))*
- 9 Estudante 5: *claro é aquela parte ali que sobra não é?*
- 10 Professora: *isso lembra quando... a menina ela... mostrou as gotinhas quando tinha né... acontece o que... interferência e aí elas podem se somar ou*

subtrair então claro vai ser soma e... oi? ((a estudante 7 interrompe a fala da professora))

11 *Estudante 7 : não entendi*

12 *Professora: ah tá... se eu né... por exemplo... se eu tiver a luz aí tem a interferência... se elas forem se somar... vai ficar claro ou escuro?*

13 *Estudante 5: escuro*

14 *Professora: olha então tá assim tipo aquela onda assim elas estão se somando ((faz gestos com a mão)) então vai ficar... escuro? se eu pegar duas e eu somar elas... elas vão ficar escuras? agora pensa se eu subtrair elas... que era a interferência destrutiva estou destruindo a luz... vai ficar?*

15 *Estudante 8: claro*

16 *Professora: claro? eu estou destruindo a luz*

17 *Estudante 5: escuro*

18 *Professora: se eu destruir a luz... ela vai ficar clara?*

19 *Estudante 5: não escura*

No turno 20 a futura professora faz um resumo das ideias, uma generalização sobre o experimento dizendo: “*construtiva claro... destrutiva escuro*”. Durante todo o episódio, a maior parte dos diálogos ocorre entre a futura professora e o estudante 5, com pequenas intervenções de outros alunos. O estudante 5 é capaz de explicar a formação da interferência destrutiva, utilizando o desenho apresentado na questão (turno 24).

A abordagem comunicativa estabelecida entre a professora e os estudantes é interativa de autoridade, já que ela estabelece um diálogo com eles, mas não leva em conta os seus pontos de vista para dar explicações. No turno 10, ela ignora a resposta do aluno e dá as explicações relacionando o simulador apresentado em sala, com o exemplo da questão. A futura professora também dá explicações sobre a interferência com a luz, com o objetivo de que o estudante relacione interferência destrutiva e construtiva com as regiões claras e escuras (turno 20).

20 *Professora: escura... né... então estou sumindo com a luz... estou apagando a luz né... então tem duas luzes se a interferência for construtiva... ou seja... estão se somando... vai ter claro... então vocês acham que naqueles pontos estão tendo... é... interferência construtiva ou destrutiva? ou seja... vai... construtiva claro... destrutiva escuro então você acha que é agora... você acha que é?*

21 *Estudante 5: escura*

22 *Professora: escura todo mundo concorda que ali... escura... certo... e vocês ficam na escura também? na clara? ((os estudantes não falam nada))*

23 *Professora: por que que você acha que é clara?... ((risos)) você acha que naquele ponto elas estão se somando ou subtraindo?*

24 *Estudante 5: aqui ó ((o estudante 5 mostra a apostila)) sabe por que lá dentro dessa parte aqui tá vendo ((o aluno mostra a apostila)) **[parece que tem uma parte branca]***

25 *Professora: **[humhummm]** ((fala simultânea com o estudante 5))*

26 *Estudante 5: as linhas*

- 27 Professora: isso ó ((mostra na apostila)) vocês conseguem ver essa linha que vai pra cá ó?
- 28 Estudante 5: ahhh agora eu consegui....
- 29 Professora: vocês conseguem? parece uma ilusão de ótica
- 30 Estudante 5: porque ali nem dá pra ver
- 31 Professora: é... vocês conseguem ver... meninas? ó... parece ter uma linha que vai até esses pontos

Do turno 35 ao 37, existe um padrão de interação do tipo I-R-A. Clara faz uma iniciação dirigida ao estudante 5 para confirmar se ele consegue relacionar o conceito de região escura com a linha nodal apresentada por ela (nos turnos 27 e 31) e o avalia no turno 37.

- 32 Estudante 5: hã vai direto nas letras
- 33 Professora: ai parece que elas estão se somando ou subtraindo?
- 34 Estudante 5: somando... não é?... não não ah... aquela parte que fica escura na letra
- 35 Professora: a parte que fica escura... hã?
- 36 Estudante 5: a parte que tá assim e a outra tá assim
- 37 Professora: isso... vocês conseguiram ver essas linhas oh que vão até esses pontos
- 38 Estudante 7: fica clara
- 39 Professora: oi?
- 40 Estudante 5 : fica escuro

Intenções da professora	Introduzir novos conceitos científicos (interferência destrutiva e construtiva; linha nodal) colocando os novos conceitos disponíveis para os estudantes. Desenvolver a história científica do experimento de Young.
Conteúdo	Identificar regiões claras e escuras na figura de interferência formada no anteparo em uma experiência com ondas clássicas (experimento de Young)
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora marcou ideias importantes como: a relação entre região clara e interferência construtiva e região escura e interferência destrutiva.

Quadro 23- Síntese pontos-chave do episódio 2

5.6.3 Episódio 3- Experimento da dupla fenda com partículas

Após analisar as regiões claras e escuras formadas no anteparo no experimento da dupla fenda, é proposto aos estudantes um teste em que são disparadas balas de metralhadoras pelas fendas. O objetivo desse teste é que o

estudante consiga perceber que as balas não sofrem interferência e que a distribuição de probabilidades no anteparo é do tipo da alternativa B (Figura 18).

Figura 18- Teste conceitual sobre o experimento da dupla fenda com balas de metralhadora.

Ocorreu um aumento do número de respostas corretas, após a instrução pelos colegas, conforme os gráficos 25 e 26 acima. Antes da instrução pelos colegas, eram 29% de escolhas corretas e, após a instrução pelos colegas, esse número subiu para 54%.

Gráfico 25 e 26- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

A futura professora inicia o episódio criando um problema para os estudantes, que envolve a diferença das alternativas A e B. O gráfico A representa a distribuição de probabilidade de quando ocorre o fenômeno da interferência, e o gráfico B, a distribuição de quando não ocorre. O estudante 5 alega que escolheu a alternativa B, mas que essa está errada, ele não leu direito. Sem questionar sobre os motivos do estudante 5, a futura professora dá uma explicação sobre a questão (turno 5) e faz duas iniciações: “*você acha que vai ter interferência? qual a condição para ter interferência?*”. O estudante 5 dá uma resposta incorreta (turno 6) diz que, para existir interferência, é necessário que uma fenda esteja tampada e é corrigido pela professora no turno seguinte (turno 7). A explicação teórica dada pela futura professora utiliza uma linguagem científica, com nenhum elemento cotidiano do aluno, e é sobre o experimento apresentado na questão.

A professora avalia a resposta do estudante e chama a atenção para a bala não ter um comportamento ondulatório. Do turno 9 ao 11, ocorre um padrão de interação do tipo I-R-A, em que a professora pergunta se a bala é uma onda e obtém a resposta correta do estudante.

- 1 Professora: qual que é a diferença entre a A e a B? qual que é a diferença entre esses desenhos aqui entre a A e a B? ((aponta pra apostila))
- 2 Estudante 5: essa daí eu coloquei a B mas eu errei
- 3 Professora: você colocou qual? ((faz a pergunta para o estudante 5))
- 4 Estudante 5: a B mas é porque eu não entendi a pergunta... não li direito
- 5 Professora: oh basicamente assim eles vão fechar uma fenda... né e... quando ele fecha uma fenda... está vendo aqui ((mostra o desenho na apostila)) esse padrão aqui... quando eu fecho uma fenda... só acerta onde está essa fenda certo? aí aqui... se ao abrir duas fendas é... aqui é... como se aqui fosse uma fenda... outra fenda... e depois soma tudo... ou seja... a intensidade maior vai ser pra cá e aqui ó... está vendo... que é como se fosse um padrão de interferência o que vocês acham que... se eu emitir né numa areia... então pensa ali o detector é uma areia... você acha que vai ter um padrão de interferência ou cada bala vai acertar numa fenda... você acha que vai ter interferência? qual a condição para ter interferência?
- 6 Estudante 5: uma fenda estar tampada... não é? não é isso?
- 7 Professora: oi?
- 8 Estudante 5: uma fenda estar tampada aqui ó ((aponta para o desenho na apostila))
- 9 Professora: pra ter interferência... a gente tem que ter interferência de duas né então... beleza... aqui tem duas... mas a interferência lá não dependia do tamanho da fenda? ou uma bala ela é ela está no mundo clássico ou quântico? vamos pensar clássico como algo que a gente está vendo ou no mundo quântico... por que assim pra ter interferência não teria que ser uma onda?... teria que ser uma onda?... vocês concordam? teria que ser uma onda pra ter igual a onda da água a bala é uma onda?
- 10 Estudante 5: não

11 Professora: não... até ai vocês acham que não... beleza...é:..... se ela não é uma onda... se vocês pensam vocês não pensando só... aí eu acho que vai ter interferência... mas no mundo... real no mundo macroscópico... certo? então se eu atirar... se eu colocar uma fenda e começar a atirar o que que pode quais são as chances... ela pode voltar pode passar por uma fenda como é que é?

No turno 15, a futura professora dá uma explicação que relaciona as figuras apresentadas nas alternativas. Ela pergunta aos alunos se a bala se comporta como uma onda e “espalha” (turnos 15 e 17), com o objetivo de relacionar o “espalhamento” às alternativas A e B. A professora faz perguntas para guiar a história científica e introduzir os conceitos apresentados pela questão. A abordagem comunicativa utilizada é interativa de autoridade, já que os estudantes apenas respondem às perguntas da professora, o episódio não acontece a partir do ponto de vista deles.

12 Estudante 5: ah que nem estava acontecendo aqui... essas daqui estão voltando e só essa aqui está indo... não é? ((aponta para o desenho da apostila))

13 Professora: então essa daqui é que como se fosse um padrão de interferência... aqui é assim ou ela vem por uma fenda ou por outra?

14 Estudante 5: hã?

15 Professora: e aqui é como se fosse uma soma e aqui está tendo um padrão de interferência... a bala se espalha assim ((faz um gesto com as duas mãos abrindo as duas mãos))

16 Estudante 5: tipo assim você está falando,,, uma bate na parede e volta... é isso?

17 Professora: não... então... pra ter interferência... teria que ter a bala... deveria se espalhar como uma onda... **[é como se fosse isso]**

18 Estudante 5: **[sim]** ((fala simultaneamente a professora))

19 Professora: então vocês acham que vai ter interferência ou não... com a:..... uma bala de metralhadora... por exemplo... se a gente atirar ((faz o gesto do tiro com a mão)) né vai aparecer várias franjas ou vai ter ou essa posição ou essa... é isso que ele está querendo dizer... se eu atirar... pensa no mundo real mesmo assim se eu atirar vai estar... vai passar por uma fenda ou outra ou elas vão se espalhar... aí vai aparecer cada hora em um ponto

20 Estudante 8: uma ou outra

21 Professora: oi? ((pergunta novamente a estudante 8 porque não escutou a resposta))

22 Estudante 8: uma ou outra ((estudante 8 repete a resposta da mesma forma))

Após os estudantes responderem corretamente que as balas passariam por uma fenda ou outra, a futura professora introduz a questão do tamanho da fenda no fenômeno da difração (turno 23). Esse turno é um exemplo do discurso de autoridade da professora, ela introduz conceitos novos sobre as condições para ocorrer a difração, que não apareceram no discurso dos estudantes. Clara utiliza uma analogia para descrever o fenômeno da difração; que é “como se a fenda espremesse “ (turnos 25 e 27).

23 Professora: uma ou outra...certo...vocês têm que pensar por que está acontecendo interferência ou não pra ter interferência não é tem que ser uma onda... certo?... é por que assim... por exemplo... pensa como se fosse uma fenda o comprimento de onda... vocês lembram o que é um comprimento de onda? pra ter né a difração... pra acontecer a difração (inaudível) virar uma onda... chegou um físico ele falou assim que tudo era onda você tem comprimento de onda... você é uma onda por que a gente não difrata e não tem interferência... né? porque o nosso comprimento de onda... é por exemplo... da ordem de dez a menos trinta e um...metros...menos trinta e um pensa um dividido por zero zero zero trinta e um zeros... é muito pequenininho o nosso comprimento de onda... ou seja... pensa o tamanho da fenda que deveria ter pra gente né... por exemplo... uma bala ter difração e assim ter interferência... então isso é comparado com o tamanho da fenda.....consegue entender isso? mais ou menos?

24 Estudante 5: mais ou menos

25 Professora: é como se a fenda espremesse... então pensa... será que eu tenho uma fenda do tamanho do nosso comprimento de onda

26 Estudante 5: ah entendi

27 Professora: como se espremesse

28 Estudante 5: entendi porque a bala passa direto... né porque pra ter essa interferência tem que ser menor que a onda... é isso... não é?

29 Professora: exato... certo?

Intenções da professora	Introduzir novos conceitos científicos (padrão de interferência; difração relacionada ao tamanho da fenda; objetos macroscópicos e microscópicos) colocando novos conceitos disponíveis para os estudantes. Manter a narrativa da história científica.
Conteúdo	Identificar a figura de interferência correspondente ao disparo de balas de metralhadora por duas fendas (experimento da dupla fenda com partículas).
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora deu forma aos significados ao introduzir novos conceitos com o objetivo de que os alunos relacionem os desenhos apresentados nas alternativas ao que está ocorrendo no experimento. Marcou ideias importantes como a relação entre região clara e interferência construtiva e região escura e interferência destrutiva.

Quadro 24- Síntese pontos-chave do episódio 3

5.6.4 Episódio 4 – Experimento da dupla fenda com ondas

O teste conceitual apresentado no episódio 5 é sobre o experimento da dupla fenda com ondas, e a pergunta apresentada é em relação à distribuição de energia no anteparo (Figura 19). O estudante deve ser capaz de identificar se ocorreu a interferência e relacioná-la à curva de distribuição de energia, que caracteriza a interferência (alternativa A).

Figura 19- Teste conceitual sobre a interferência com ondas

Os gráficos 27 e 28 a seguir apresentam a porcentagem do número de acertos antes da instrução pelos colegas e após a instrução pelos colegas. Houve um aumento percentual de 22% no número de respostas corretas dos estudantes, após a instrução pelos colegas, atingindo um total de 88% de respostas corretas.

Gráficos 27 e 28- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio começa com duas perguntas da futura professora sobre o que os estudantes acham sobre a resposta que escolheram. No turno 3, ela relaciona o teste ao que foi discutido no episódio anterior (do experimento da dupla fenda com partículas). O estudante 5 (turno 4) afirma que se trata agora de uma onda, portanto, deveria ser a alternativa B, que é a distribuição de energia de quando não ocorre a interferência. Percebendo a resposta incorreta do estudante, Clara tenta relacionar a questão com o que foi apresentado no simulador da água e faz uma pergunta ao estudante: *“duas fendas vão formar duas novas ondas e duas novas ondas se encontrando... o que acontece?”*. O estudante 5 responde incorretamente e relaciona o encontro das ondas à interferência destrutiva (turnos 6 e 8). A futura professora e o estudante 5 nesse trecho do episódio são os únicos a falarem, o estudante expõe seu ponto de vista e, a partir dele, a professora elabora suas explicações.

Do turno 5 ao 9, ocorre um padrão de interação do tipo I-R-F-R-A, em que a professora avalia a resposta do estudante no turno 9 e completa dizendo que pode ser tanto interferência construtiva quanto destrutiva.

- 1 Professora: e aí... pessoal? e aí o que vocês acham? o que que vocês votaram?
- 2 Estudante 5: eu coloquei a B
- 3 Professora: agora vocês lembram que a gente discutiu sobre ser uma onda ou não... agora a gente está fazendo o que é onda ou não é
- 4 Estudante 5: é onda... a B
- 5 Professora: é onda... você lembra do software que ela mostrou da gotinha... lembra da gotinha caindo... então se eu tiver uma gotinha caindo e duas fendas vão formar duas novas ondas e duas novas ondas se encontrando... o que acontece?
- 6 Estudante 5: anulam... não?
- 7 Professora: anulam ou se ajudam... então o que que significa se anulam ou se ajudam?
- 8 Estudante 5: é anulam ela fica reto... não é?
- 9 Professora: não... sim... mas essa junção... né... ela pode se anular ou pode se somar e que significa isso que... que o desenho lá... que é o desenho lá? ((silêncio))
- 10 Estudante 5: ela soma... não é ali do lado
- 11 Professora: oi?
- 12 Estudante 5: ela soma

No turno 15 a professora repete o que o estudante 7 diz sobre o fato de a onda se espalhar, seleciona a ideia de a onda sofrer difração. Utiliza novamente a repetição no turno 17, para marcar a ideia de interferência dita pelo estudante no

turno 16, já que saber que houve interferência é essencial para o entendimento da questão.

A futura professora faz uma generalização em que relaciona a interferência com determinado gráfico (turno 19) e o aluno 5 conclui que a sua escolha estava incorreta, que deveria ser a letra A. Do turno 15 ao 17, existe um padrão de interação do tipo I-R-A, Clara avalia a resposta do estudante, repetindo o que ele disse.

- 13 Professora: *então... aqui esse desenho é o mesmo caso daquele... é o mesmo desenho... né da outra alternativa ela ou a água ou ela vai pra um lado... pro outro ou ela se espalha...*
- 14 Estudante 7: *se espalha*
- 15 Professora: *se espalha... certo? e aí vocês acham que vai formar o A ou o B? hum::: o que vocês acham? o que que é o desenho do A? vocês não lembram?*
- 16 Estudante 5: *interferência*
- 17 Professora: *interferência... todo mundo lembra?*
- 18 Estudante 5: *aham ((os outros alunos concordam gestualmente com a cabeça)).*
- 19 Professora: *então quando tem interferência tem aquele padrão daquelas faixas só que aí está [como se fosse um gráfico]*
- 20 Estudante 5: **[é o A]** *((o estudante fala simultaneamente à professora))*
- 21 Professora: *então vocês acham que é a A ou a B?*
- 22 Estudante 5: *letra A... a A*
- 23 Estudante 7: *ela não se espalha*
- 24 Professora: *ela não se espalha... todo mundo concorda?*

A futura professora adota nesse episódio uma abordagem interativa de autoridade, tem o cuidado de não dar a resposta correta ao estudante 5, que por meio do diálogo com ela muda a sua escolha para a opção correta.

Intenções da professora	Fazer perguntas para guiar os estudantes em relação às ideias apresentadas na questão. Explorar a visão do estudante 5 sobre o fenômeno da interferência.
Conteúdo	O teste é sobre a distribuição de energia das ondas ao passar por duas fendas. A primeira opção apresentava um gráfico representando que as ondas sofriam interferência e a outra opção representava que as ondas não sofriam interferência.
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade
Padrões de interação	I-R-F-A I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora marcou ideias importantes ao repetir trechos das falas dos estudantes sobre a interferência e o espalhamento de ondas. Verificou consenso sobre as ideias de espalhar e anular relativas às ondas.

Quadro 25- Síntese pontos-chave do episódio 4.

5.6.5 Episódio 5 – Experimento da dupla fenda com elétrons

Após três atividades: a leitura de um trecho do livro *Alice no País do Quantum* (GILMORE, 1998); a demonstração do simulador virtual com fótons e elétrons feita pela professora e a exibição do vídeo do Dr. Quantum, são propostas as duas últimas questões da aula da dupla fenda. Uma questão sobre a interferência com fótons e outra com elétrons. Para a questão (Figura 20) da interferência com fótons, não foi necessária a instrução pelos colegas, já que o índice de acerto foi maior que 70% na primeira votação.

Para o teste da interferência com elétrons (Figura 21), foi necessária a instrução pelos colegas, o índice de acerto na primeira votação foi de apenas 14% (Gráfico 29). Na segunda votação, houve um aumento de 61% no número de alunos que responderam corretamente (Gráfico 30). Nesse teste os elétrons são emitidos um a um e a pergunta é sobre o padrão formado no anteparo, quando uma das fendas está fechada. O objetivo é verificar se o estudante entende que, ao fechar uma das fendas, o padrão de interferência é destruído e se o aluno sabe relacionar o que acontece à imagem correta (alternativa C).

Figura 20- Teste sobre interferência com fótons.

Figura 21- Teste sobre interferência com elétrons.

Gráfico 29 e 20- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio inicia com dois padrões de interação do tipo I-R-A (do turno 1 ao 3 e do turno 3 ao 5). A professora pergunta a cada estudante o que cada um marcou e relaciona as respostas dadas pelos alunos ao fenômeno da interferência. Dessa forma, ela avalia a resposta do aluno, quando aponta que a resposta da alternativa A representa o fenômeno da interferência, e a resposta da alternativa B não.

No turno 6, o estudante 5 manifesta que escolheu a opção errada, sendo questionado pela professora do motivo. Há um padrão de interação do turno 9 ao 14 do tipo I-R-F-R-F-R, em que a professora procura saber o motivo de o estudante 5 ter dito que escolheu incorretamente. O aluno consegue, à frente no diálogo, explicar corretamente que deveria ter escolhido a C, já que tem somente uma fenda aberta

(turno 16). A futura professora repete o que o estudante 5 diz com o objetivo de compartilhar com os outros alunos a sua ideia de só ter uma fenda e enfatizar que, para ocorrer interferência, precisaria de duas.

Do turno 19 ao 21, existe um padrão de interação do tipo I-R-A, em que o estudante 5 chega à resposta correta, e a professora o avalia dizendo a ele: “*pode ser então...*”, que é quando o episódio termina.

A abordagem comunicativa utilizada pela professora é interativa dialógica. As perguntas feitas ao estudante 5 são elaboradas pela professora com base nas suas respostas e têm o objetivo de fazê-lo entender os motivos da sua escolha. É por meio desses questionamentos que o estudante 5 modifica sua resposta para a letra C.

- 1 Professora: o que vocês responderam?
- 2 Estudante 5: eu coloquei A
- 3 Professora: A... você acha que vai ter interferência? e você? ((se dirige ao estudante 9))
- 4 Estudante 9: B
- 5 Professora: B... não vai ter interferência... vai ser por um ou por outro quem mais colocou outra?
- 6 Estudante 5: ah entendi
- 7 Professora: o que você entendeu?
- 8 Estudante 5: por que que eu errei
- 9 Professora: qual você colocou?
- 10 Estudante 5: coloquei A
- 11 Professora: e qual você acha que é?
- 12 Estudante 5: a C sabe por quê? ((pega a apostila e aponta a resposta C))
- 13 Professora: há?
- 14 Estudante 5: você lembra que ela mostrou o videozinho que falou que para não acelerar muito senão ia dar a entender que era difração então... era pra ser assim aí... moçada
- 15 Professora: por que é pra ser a C... a C é uma faixa só?
- 16 Estudante 5: é por que só tem uma fenda... não é? uma abertura
- 17 Professora: só tem uma fenda... pra ter interferência... tinha que ter interferência entre duas coisas... né?
- 18 Estudante 5: duas fendas
- 19 Professora: então você colocou a C porque tem uma fenda... certo?
- 20 Estudante 5: aí não dá interferência
- 21 Professora: humm legal pode ser então...

A síntese do episódio 5 com todas as categorias analisadas encontra-se registrada no Quadro 26, na página seguinte.

Intenções da professora	Explorar e investigar os significados dos estudantes sobre as alternativas escolhidas. Guiar os estudantes para trabalhar com o conhecimento científico.
Conteúdo	O teste é sobre o padrão formado quando elétrons são emitidos um a um e passam somente por uma fenda, no experimento da dupla fenda.
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora pediu esclarecimento do estudante 5 sobre a opção escolhida e o motivo de ele acreditar que a escolha dele esteja errada. Repetiu uma ideia do estudante 5 (turno 17) com o objetivo de enfatizar o que o aluno disse e colocar disponível para os outros alunos.

Quadro 26 - Síntese pontos-chave episódio 5

5.6.6 Episódio 6 – A interferência no aparato de Mach-Zehnder

O primeiro teste apresentado na aula do interferômetro de Mach-Zehnder (Figura 22) é sobre o motivo da formação de figuras de interferência no anteparo. A questão é a respeito do que a luz sofreu no trajeto até os anteparos e provocou a formação das figuras de interferência. Essa pergunta é importante para verificar o entendimento dos alunos em relação ao funcionamento do interferômetro e sobre a origem da interferência que aparece nos anteparos. O teste ocorreu após duas demonstrações: uma clássica com lasers e polaroides e a do simulador virtual.

Figura 22- Teste sobre interferência no aparato do interferômetro de Mach-Zehnder.

Gráficos 31 e 32- Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

Os gráficos 31 e 32 são os resultados da votação do teste, antes da instrução pelos colegas e após a instrução pelos colegas e mostram um aumento no número de alunos que assinalaram a resposta correta de 14% para 75%.

O episódio começa com a professora verificando que os estudantes 5 e 6 escolheram a resposta incorreta, a de que a interferência ocorre devido às reflexões nos espelhos e semiespelhos. Do turno 4 ao 7, ocorre um padrão de comunicação do tipo I-R-R-A, em que a professora avalia a resposta dos dois estudantes e relaciona-a com o experimento clássico mostrado na sala.

- 1 Professora: e aí... pessoal... vamos discutir aqui... o que vocês colocaram?
- 2 Estudante 5: a única que eu acho que não é a B... eu coloquei C
- 3 Estudante 6 :eu também coloquei C
- 4 Professora: vocês colocaram a C... eu pergunto pra vocês... ele colocou... isso ocorre porque a luz sofre... só por que a luz sofre reflexão... por exemplo... igual ela mostrou aqui no espelho ela sofria interferência?
- 5 Estudante 5: sofre
- 6 Estudante 6: sofre
- 7 Professora: não quando ele pegou o espelho você viu lá algum padrão de interferência?
- 8 Estudante 5: ahhh... não com o espelho não
- 9 Professora: não... então por causa do espelho que vai sofrer interferência?... o que que precisa ter para interferência... precisa ter...
- 10 Estudante 5: um semiespelho não é?

A professora compara o experimento da dupla fenda com o interferômetro (turno 11), com o objetivo de esclarecer a dúvida do estudante que é a de que para ter interferência, é necessária a presença de um espelho.

Do turno 11 ao 13, existe um padrão de interação do tipo I-R-A, com avaliação da resposta do estudante no turno 13. A futura professora faz a avaliação da resposta do estudante e lê as alternativas na apostila, fazendo comentários sobre cada uma. No turno 21, a professora repete o que o estudante 5 diz sobre a “união”

das ondas, reforçando a importância dessa ideia e colocando-a disponível para todos da bancada. O estudante 5 conclui corretamente que a opção correta é a letra B, no final do episódio.

A abordagem comunicativa utilizada é interativa/de autoridade. Clara elabora perguntas sobre a presença do espelho (que não existia no experimento da dupla fenda) e sobre a interferência que permitem ao estudante 5 chegar à alternativa correta. Essas perguntas partem da professora que escolhe explorar esses conceitos e não os dos pontos de vista dos alunos.

11 Professora: um semiespelho... mas estão preocupado muito com a... vamos pensar no da dupla fenda tinha espelho?

12 Estudante 6: não

13 Professora: não e tinha interferência... então o que que estava... o que que ocorre a interferência? é o espelho?... vamos olhar as alternativas ((pega a apostila para ler as alternativas)) múltiplas interferências? até chegar ao anteparo antes de... pra ter interferência... tem que unir antes do chegar aqui tem interferência? eu estou unindo... não eles estão separados... superposição entre feixes que seguem caminhos diferentes ou reflexão nos espelhos e semiespelhos então as reflexões por causa delas que a gente tem interferência? na dupla fenda a gente não tem... a gente tem espelho?

14 Estudante 5: hã?

15 Professora: a gente tem espelho na dupla fenda?

16 Estudante 5: não

17 Professora: então é isso que causa interferência?

18 Estudante 5: na dupla fenda não

19 Professora: vocês conseguem entender por que tem a interferência?

20 Estudante 5: por causa na hora onda que une a onda

21 Professora: na hora que une?

22 Estudante 5: então é a B né?

23 Professora: entendeu? então isso meio que confunde porque a gente ahhhhh por que... né... claro que só aconteceu a destrutiva e a construtiva né por causa da diferença de um refletir mais... o outro menos... mas não é isso que faz a interferência... é a união né... certo?

Intenções da professora	Guiar os estudantes para trabalhar com o conhecimento científico. Criar dois novos problemas ao perguntar se acontece ou não interferência no espelho e ao fazer a comparação com o experimento da dupla fenda.
Conteúdo	O teste investiga o motivo de acontecer a interferência ao passar pelos espelhos e semiespelhos do interferômetro de Mach-Zehnder.
Abordagem Comunicativa	Interativa/de autoridade.
Padrões de interação	I-R-A
Formas de Intervenção	Fez perguntas com o objetivo de esclarecer a dúvida do estudante 5 (dando uma nova forma aos significados produzidos por ele). Selecionou a resposta do estudante 5 no turno 20 sobre unir as ondas e auxiliou o aluno a chegar à conclusão correta.

Quadro 27 - Síntese pontos-chave episódio 6

5.6.7 Episódio 7 – A destruição do padrão de interferência

O episódio 7 apresenta um teste conceitual que propõe a retirada do semiespelho SM_2 e pergunta sobre o que acontece com o padrão de interferência, ao retirá-lo (Figura 23). A porcentagem de respostas corretas antes da instrução pelos colegas era de 0% e após a instrução pelos colegas foi de 62% (Gráficos 33 e 34). A resposta correta surge da instrução pelos colegas, já que, na primeira votação, nenhum aluno escolheu a alternativa da letra A. A alternativa D não foi representada nos gráficos 32 e 33, pois nenhum estudante marcou no *clicker* essa opção, nem antes nem depois da instrução pelos colegas.

Caso o semiespelho SM_2 seja removido o que acontecerá com as figuras de interferências formadas no anteparo 1 e 2 ?

a) desaparecerão.
 b) permanecerão as mesmas.
 c) desaparecerá no anteparo 1 e permanecerá a mesma no anteparo 2.
 d) desaparecerá no anteparo 2 e permanecerá a mesma no anteparo 1.

Figura 23- Teste conceitual sobre a destruição do padrão de interferência com a retirada do semiespelho 2.

Gráficos 33 e 34 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. . As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio inicia-se com a professora perguntando aos alunos o que cada um marcou e estimulando a discussão entre eles com frases do tipo: “*discutem entre vocês o que que um semiespelho faz...*”; “*o que vocês acham... pessoal?...*”; “*discute com ela porque ela acha C... tenta convencê-la...*”. No turno 5, ela dá orientações de como descobrir a função do semiespelho e do que acontecerá com os feixes. O

estudante 5 expõe o seu ponto de vista em três turnos 10, 13 e 16 e não é avaliado pela professora, apesar de sua resposta estar incorreta.

- 1 Professora: e aí... pessoal... por que vocês colocaram a C?
- 2 Estudante 6: coloquei a B
- 3 Professora: a B e você colocou o que ((se dirige ao estudante 5))
- 4 Estudante 5: coloquei B... mas foi porque eu não entendi a pergunta porque eu não lembro qual que era ao anteparo [inaudível]
- 5 Professora: tenta... observem pelo desenho... o que que... pega essa desenho aqui... vamos pegar esse desenho aqui... então vamos discutir olha pro desenho e aí você... discutem entre vocês o que que um semiespelho faz... se não tiver ele o que que vai acontecer com os feixes
- 6 Estudante 5: apesar que se tira ele aqui... essa aqui passa lá... essa aqui desce
- 7 Professora: hum?
- 8 Estudante 5: aí vai acontecer alguma coisa... eu acho porque essa vai descer e essa vai passar
- 9 Professora: o que vocês acham... pessoal?... e aí... pessoal?... discutam entre vocês
- 10 Estudante 5: então ó eu acho... cara... que vai... eu acho que essa aqui vai ficar a mesma coisa porque a função desse semiespelho aqui é [inaudível] e passar aqui entendeu então você vai tirar ele e acontecer a mesma ó... coisa... entendeu? **pra mim é isso**
- 11 Estudante 6 : é [fala simultânea a do estudante 5]
- 12 Professora: meninas... o que vocês acham aí?... ((pausa longa)) fala pessoal defende a sua ideia por que que você acha que é a C? ((se dirige à estudante 6)) e você acha que é qual? ((se dirige ao estudante 5))
- 13 Estudante 5: acho que é a D... aqui vai estar refletindo pra baixo e aqui está refletindo pra lá... **não vejo por que não**
- 14 Estudante 7: **é a mesma coisa** [fala simultânea a do estudante 6]
- 15 Professora: discute com ela por que ela acha C tenta convencê-la... ou vice e versa defenda as suas ideias
- 16 Estudante 5: sei lá posso estar errado... mas não vejo diferença aí... pode ser se vai ter menos... tipo assim se é RR aqui se é RRE TRE vai ter menos desses negócios é::::: esses feixes... aí que fala chegando no [inaudível] entendeu porque aí no caso só vai ter um descendo ((a futura professora interrompe))

Nos turnos 22 e 23, os estudantes 5 e 6 ficam em dúvida quanto a suas respostas, após serem questionados pela professora. Clara, no turno 27, faz a seguinte pergunta: “*vai ter interferência?*” que é fundamental para o entendimento da questão, já que a retirada do semiespelho destrói os padrões de interferência. Essa pergunta faz com que os estudantes prestem atenção no fenômeno e dirige a instrução entre colegas. Ela insiste no fenômeno da interferência (turno 32) perguntando aos alunos sobre o que é necessário para haver a interferência e não avalia as respostas dadas, dando *feedbacks*, com o objetivo de continuar a discussão.

A abordagem comunicativa utilizada é interativa dialógica, Clara organiza a discussão entre os pares e realiza perguntas para disponibilizar conteúdos científicos para a discussão. As discussões entre os estudantes são provocadas por perguntas da professora (turno 19, 27 e 32). Do turno 27 ao 33, ocorre um padrão de comunicação do tipo I-R-F-R-R-F-R.

- 17 Professora: *agora a sua amiga quer defender a ideia dela... por favor... ela quer defender a ideia dela... vamos lá*
- 18 Estudante 6: *[inaudível]*
- 19 Professora: *mas aí se eu tiro?*
- 20 Estudante 6: *vai ficar a mesma coisa*
- 21 Professora: *vai ficar a mesma coisa?*
- 22 Estudante 5: *só que o número de feixes vai diminuir... não é? nossa... cara... eu acho que... pode ser que eu esteja errado*
- 22 Estudante 6: *agora eu acho que é a A*
- 23 Estudante 5: *aqui está descendo... vai descer só um aqui descia dois... né por que é o de cá que desce e o que desce reto... né?*
- 24 Professora: *humhum*
- 25 Estudante 7: *então ao invés de dois vai ser um só*
- 26 Estudante 5: *é ao invés de dois vai ser um só porque um vai pra lá ó tá vendo... aí vai ser um só indo pra lá esse aqui só descendo... porque no caso aqui descia esse... descia esse*
- 27 Professora: *então aí eu pergunto... vai ter interferência?*
- 28 Estudante 5: *interferência... vai ter porque eles vão se encontrar... não vão? no caso pode ser que ele até desaparece*
- 29 Professora: *o que vocês acham? as outras meninas?*
- 30 Estudante 8: *eu coloquei B também*
- 31 Estudante 5: *verdade... tem a tal da interferência também... mas aí elas iam se somar... não ia?*
- 32 Professora: *o que... que precisa... para ter interferência... precisa do quê?*
- 33 Estudante 5: *precisa se chocar a onda... se encontrar?*
- 34 Professora: *então qual o consenso entre vocês das questões... pessoal?... qual que é o consenso de vocês... vocês concordam com tudo o que ele falou?*
- 35 Estudante 5: *eu acho que é a B... não é?*
- 36 Professora: *vai continuar tendo interferência?*
- 37 Estudante 5: *permanecem a mesma... só que eu acho que*
- 39 Estudante 8: *pensei a mesma... só que... eu acho que não vai ter interferência*
- 40 Estudante 5: *... é só que se lembra que teve esse aqui*
- 41 Professora: ***[não vai ter? então a B está falando que vai ter]*** ((fala simultânea a o estudante 7))
- 42 Estudante 7: ***[ai não pode ser a mesma então ai não pode ser a mesma se não tiver interferência]***
- 43 Professora: *se não tiver interferência... então o que que vai ser a B... é permanecer*
- 44 Estudante 7: *então não é B*
- 45 Estudante 5: *então vai ter interferência porque ela se... é independente do espelho que você falou lá que nem o caso da água... ela tinha interferência do mesmo jeito... entendeu.... sem o espelho e aqui se vai estar sem o espelho não é ou semiespelho vai chocar do mesmo jeito*

Intenções da professora	Guiar os estudantes para trabalhar com o assunto apresentado no teste conceitual, o fenômeno da interferência. Transferir para os alunos a responsabilidade e o controle do uso das ideias científicas (estimular a discussão entre pares).
Conteúdo	O teste é sobre a destruição do padrão de interferência quando o semiespelho SM2 é retirado da montagem do interferômetro de Mach-Zehnder.
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora fez perguntas para obter esclarecimento sobre as ideias dos alunos. Selecionou significados ao perguntar sobre em quais condições ocorre a interferência e se ela ocorre. Verificou as ideias dos estudantes sobre o que é necessário para ocorrer interferência.

Quadro 28 - Síntese pontos-chave episódio 7

5.6.9 Episódio 8 – Detecção de fótons emitidos um a um

O episódio 8 é a respeito da detecção de fótons, que foram emitidos um a um, no detector D_1 (Figura 24). A questão apresentada é sobre a quantidade de fótons que será detectada após algumas horas, no detector D_1 . Esse teste apresenta algumas características importantes para o entendimento de princípios básicos da Física Quântica que são: fótons não são divisíveis, fótons seguem um caminho ou outro e a probabilidade de um fóton seguir um caminho ou outro é de 50%.

Se, no experimento descrito acima, a intensidade da luz emitida pela fonte fosse tão tênue que apenas um fóton fosse emitido e cada vez (regime monofotônico), a uma taxa de um fóton por segundo, pode-se afirmar que, após algumas horas, D_1 detectaria:

- a) Todos os fótons emitidos.
- b) A grande maioria dos fótons emitidos.
- c) Aproximadamente metade dos fótons emitidos.
- d) Uma pequena minoria dos fótons emitidos.
- e) Nenhum dos fótons emitidos.

Figura 24- Teste conceitual sobre a probabilidade de detecção de fótons no detector D_1 .

O episódio inicia-se com Clara orientando os alunos a compartilhar as opiniões e entrar em um consenso. No turno 7, o estudante questiona sobre o que significa a palavra *tênue* e é respondido prontamente pela professora. Ao expressar sua dúvida entre duas alternativas (turno 10), o estudante 7 recebe um *feedback* da futura professora, dizendo que ele deve discutir com os pares sobre o que ele acha. Ela se preocupa em não dar a resposta e orienta o aluno a compartilhar a dúvida com os pares.

Do turno 9 ao 12, há um padrão de interação do tipo I-R-F-R-R, em que a professora pede que os estudantes conversem entre si e digam o que pensaram.

- 1 Professora: *então vê as alternativas que vocês colocaram e vê se vocês entram em um consenso se é isso mesmo ((os estudantes leem novamente a questão na apostila))*
- 2 Estudante 7: *o que é tênue?*
- 3 Professora: *oi?*
- 4 Estudante 7: *tênue*
- 5 Professora: *tênue*
- 6 Estudante 7: *é*
- 7 Professora: *é como se fosse fraco mesmo... igual eu falei... eu consegui emitir um fóton só... tá?*
- 8 Estudante 7: *tá*
- 9 Professora: *podem discutir entre vocês se vocês concordam*
- 10 Estudante 7: *estou em dúvida entre a B e a C*
- 11 Professora: *então fala com suas amigas por que que você acha que pode ser a C por que que pode ser a B*
- 12 Estudante 7: *é por que está falando que é algumas horas né... mesmo que for por segundo ..*
- 13 Estudante 8: *acho que é letra B*
- 14 Professora: *a B mesmo? ((os estudantes ficam em silêncio))*

Ao perceber o silêncio dos alunos, a futura professora (turno 15) auxilia-os pedindo que eles utilizem um desenho para a discussão e reforça a ideia de dois caminhos. Do turno 17 ao 19, há um padrão de comunicação do tipo I-R-A. A abordagem comunicativa utilizada nesse episódio é interativa dialógica, a professora orienta os estudantes para discutir entre eles, expor os motivos. Ela deixa os alunos falarem o que pensam sobre a questão.

- 15 Professora: *vamos voltar no... só desenho então... usa esse desenho sim por que eu acho que vai ajudar na discussão de vocês... então eu coloquei o detector no braço A... coloquei no braço A e ele vai detectar quantos... isso é só pra...*
- 16 Estudante 7: *não entendi*

17 Professora: *oi... eu coloquei o detector aqui... tem dois caminhos... a gente tem dois caminhos... eu coloquei ele aí então a:..... ai... gente... tem um semiespelho aqui... lembra o que que o semiespelho faz?*

18 Estudante 8: *ele deixa passar e não interfere*

19 Professora: *tudo bem... então só que aí eu estou falando do detector... só aqui no A*

Intenções da professora	Guiar os estudantes para trabalhar com o assunto apresentado no teste conceitual. Transferir para os alunos a responsabilidade e o controle do uso do ponto de vista científico (estimular a discussão entre pares).
Conteúdo	O teste é sobre a detecção de fótons no detector D_1 em um regime quântico (fótons emitidos um a um-monofotônico).
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F I-R-A
Formas de Intervenção	A futura professora selecionou significados ao falar sobre caminhos que o fóton seguiu e indicou um desenho para auxiliar os estudantes.

Quadro 29 - Síntese pontos-chave episódio 8.

5.6.10 Episódio 9– Detecção de fótons emitidos um a um com a retirada de um semiespelho

O teste apresentado no episódio 9 é ainda um regime monofônico, como no teste anterior do episódio 8, só que acontece a retirada do semiespelho S_2 (figura 25). A retirada do semiespelho modifica apenas a interferência que acontece nos anteparos, a detecção de fótons continua a mesma, 50% em cada detector .

Suponha que, ainda em regime monofotônico, o espelho semi-refletor S_2 fosse retirado do experimento. Pode-se afirmar que, após algumas horas, D_1 detectaria:

- (A) Todos os fótons emitidos.
- (B) A grande maioria dos fótons emitidos.
- (C) Aproximadamente metade dos fótons emitidos.
- (D) Uma pequena minoria dos fótons emitidos.
- (E) Nenhum dos fótons emitidos.

Figura 24- Teste conceitual sobre a detecção de fótons com a retirada do semiespelho S_2 .

Os gráficos 35 e 36 a seguir apresentam a porcentagem de repostas corretas antes e após a instrução pelos colegas. Houve um aumento percentual de 3% de repostas dos alunos após a instrução pelos colegas. A letra B, que diz que a

grande maioria dos fótons emitidos é detectada no detector D₁ foi um distrator importante para os alunos nessa questão.

Gráficos 35 e 36 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio inicia-se com os estudantes dizendo o que cada um marcou, a futura professora nesse momento apenas aponta que as respostas estão divergentes e recomenda que os alunos discutam os pontos de vista entre eles (turno 13). Clara também percebe que os estudantes podem estar se confundindo com a retirada do semiespelho, achando que foi retirado o outro semiespelho presente na montagem, o SM₁, o que modificaria completamente a questão. Para esclarecer esse ponto, no turno 29, a futura professora chama atenção para o esquema da montagem, apontando qual detector foi retirado. Do turno 17 a 20, existe um padrão de comunicação do tipo I-R-R-A com avaliação da professora no turno 20.

- 1 Estudante 5: coloquei a C
- 2 Estudante 6: não coloquei B
- 3 Estudante 5: ai:.....coloquei errado.... no:.....ssa
- 4 Professora: vocês colocaram certo ou errado? ficou dividido
- 5 Estudante 5: eu pensei uma coisa e coloquei outra
- 6 Professora: você colocou C? ((se dirige à estudante 5)) e você? ((se dirige à estudante 6))
- 7 Estudante 5: eu coloquei C
- 8 Estudante 6: B
- 9 Professora: B? mas por que você acha que é... você colocou o quê? ((se dirige aos estudantes 7 e 8))
- 10 Estudante 6: porque eu acho que tirou um
- 11 Estudante 8: coloquei D
- 12 Estudante 7: eu também ia colocar D
- 13 Professora: então vai... aqui está bem divergente então agora vocês podem discutir... cada um defende seu ponto aqui
- 14 Estudante 5: acho que é a B porque tirou um... né... como fala ((se dirige à futura professora))

- 15 Professora: um semiespelho
 16 Estudante 6: é
 17 Professora: o que que o semiespelho **[fazia?]**
 18 Estudante 6: **[diminui bastante]** ((fala simultânea com a professora)) ele passava
 19 Estudante 8: passava
 20 Professora: mas ó é esse semiespelho aqui ((aponta para o desenho na apostila)) tá e o detector está aqui... (os alunos leem na apostila... há um silêncio nesse momento) então aí vocês discutem o que vocês acham... só lembrando... o detector está no braço A e eu tirei esse aqui tá... não é esse primeiro... é esse cara aqui ((aponta novamente para a apostila colocada sobre a bancada)) será que ele vai?
 21 Estudante 8: ele vai qual caminho?
 22 Professora: a imagem está pra cá
 23 Estudante 8: ((faz uma pergunta pra futura professora)) [inaudível]
 24 Professora: não sei... fala com suas amigas
 25 Estudante 6: tirou esse aqui... né?
 26 Professora: tirou esse aqui e o detector está aqui
 27 Estudante 7: então acho que é a A ou ((se dirige a estudante 8))
 28 Estudante 6: porque o detector vai detectar
 29 Professora: ((se dirige ao estudante 5)) mas não é esse detector... está no braço A... ele está aqui... o detector ó essa imagem daqui ó ((a futura professora procura a imagem novamente na apostila))... essa imagem aqui ó... a imagem só pra vocês verem o detector está aqui nesse braço... tem aqui a imagem... a imagem porque vocês estão confundindo essa imagem aqui ó... detector está no braço A não é aquele... a tela do anteparo ((as alunas leem a apostila novamente em silêncio, a professora se afasta da bancada))

A professora faz uma pergunta aos alunos sobre a função do semiespelho, recebe uma resposta do estudante 8 dizendo que mudou a sua alternativa e não questiona o aluno. No turno seguinte (turno 32), a professora continua a história do semiespelho, fazendo perguntas aos estudantes sobre a retirada do semiespelho, se ele vai influenciar ou não e pede que eles discutam entre si. A abordagem comunicativa utilizada nesse episódio é interativa dialógica, a professora faz algumas perguntas, interage com os alunos, e realiza explicações a partir do ponto de vista dos estudantes. Quando a professora percebe que os alunos estavam em dúvida quanto a qual semiespelho foi retirado, interfere esclarecendo essa dúvida.

No final do episódio a estudante 8, chega à resposta correta (turno 36). A futura professora nesse episódio consegue que os estudantes exponham o seu pensamento sobre o assunto, discutam entre si, o que causa em alguns mudança das repostas. Do turno 35 ao 39, ocorre um padrão de interação do tipo I-R-R-F-R.

- 30 Professora: ((se aproxima novamente da bancada)) pensa se esse semiespelho interfere ou não?
 31 Estudante 8: eu mudei minha opinião agora
 32 Professora: pensa... tirei o semiespelho 2 e o detector está aqui ó não é as meninas estavam confundindo... ó não é esses detectores... o detector está aqui e eu

tirei esse cara aqui... então pensa se vai influenciar ou não... então conversem entre vocês... vocês têm que chegar os quatro em um consenso um tem que convencer o outro quem vai ganhar

33 *Estudante 7: o que vocês acham?*

34 *Estudante 8: ou metade ou tudo... mas pega tudo porque o B*

35 *Professora: esse semiespelho a gente não tira né... é esse aqui*

36 *Estudante 8 : não então... ah não... o detector está aqui... pega metade*

37 *Estudante 7: deixa eu ver*

38 *Professora: todo mundo concorda com ela se não... discorda*

39 *Estudante 7: eu acho que é a D ou a E*

Intenções da professora	Desenvolver o assunto científico apresentado na questão. Guiar os estudantes para trabalhar com os significados científicos e auxiliar na internalização.
Conteúdo	O teste é sobre a detecção de fótons no detector D_1 em um regime quântico (monofotônico), após a retirada do semiespelho SM_2 .
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora verificou o aprendizado estimulando a discussão entre pares. Selecionou significados ao falar sobre caminhos que o fóton seguiu e indicou um desenho para auxiliar os estudantes.

Quadro 30 - Síntese pontos-chave episódio 9.

5.6.10 Episódio 10 – Detecção de um único fóton

O episódio 10 apresenta uma questão sobre a detecção de um único fóton, nos detectores D_1 ou D_2 (Figura 26). A alternativa correta diz sobre a probabilidade de o fóton ser detectado em D_1 ou em D_2 , esse conceito, o de probabilidade, é essencial para a Mecânica Quântica, por isso a grande importância dessa discussão.

Se no arranjo experimental descrito com presença de S_2 , a fonte emitisse um único fóton, pode-se afirmar que:

- a) O fóton seria detectado com certeza em D_1 .
- b) O fóton seria detectado com certeza em D_2 .
- c) A metade do fóton seria detectada em cada detector simultaneamente.
- d) O fóton teria uma probabilidade de 50% de ser detectado em D_1 ou em D_2 .
- e) O fóton não seria detectado em D_1 nem em D_2 .

Figura 26- Teste conceitual sobre a detecção de um único fóton

Os gráficos 37 e 38 a seguir mostram a porcentagem de respostas corretas, antes da instrução pelos colegas e após a instrução pelos colegas, respectivamente. Houve um aumento de 5% no número de respostas corretas após a instrução pelos colegas e nenhum estudante escolheu a afirmativa da letra B, que diz que o fóton seria detectado em D₂.

Gráficos 37 e 38 - Porcentagem de erros e acertos das respostas ao teste antes da instrução pelos colegas e depois da instrução pelos colegas. As barras pretas indicam a alternativa correta.

O episódio começa com a professora pedindo aos estudantes para dizerem o que marcaram; o único estudante que escolheu a resposta correta foi o estudante 8, os outros escolheram a alternativa que diz que o fóton será detectado em D₁. A professora, com o objetivo de ajudar os alunos a entender a questão, projeta a imagem do esquema da montagem do interferômetro na tela. Após esse momento, os alunos ficam em dúvida em relação à resposta que eles escolheram individualmente. No turno 15,18 e 19, os alunos apontam que deveriam ter escolhido a alternativa D, a correta, mas não explicam o motivo.

- 1 Professora: vocês podem falar cada uma... qual alternativa que foi
- 2 Estudante 8: D
- 3 Estudante 7: coloquei A
- 4 Estudante 5: coloquei A
- 5 Professora: pensa em probabilidade... ganhar na megasena... difícil... mas aqui né fácil... se ele tem dois caminhos né
- 6 Estudante 6: aqui eu fiquei meio assim não sabia direito qual colocar
- 7 Professora: lembrando que cada detector tá é eu não tenho imagem dele aqui eu acho ((a futura professora procura imagem na apostila na bancada das alunas))... deixa eu ver se eu coloquei... mas é lembrando que os detectores está um em cada braço pega essa imagem aqui um tá aqui e outro tá aqui ((aponta o desenho na apostila)) ele tá aqui... deixa eu colocar o desenho ((a professora sai da bancada e se dirige ao computador em frente)) ah tá ele está em A e em B... mas naquela parte ali ((os estudantes esperam em silêncio))((a professora projeta a imagem no quadro com detectores desenhados nos lugares dos anteparos))

- 8 Estudante 8: esse...((aponta pra apostila comparando o desenho projetado no quadro com o da apostila))
- 9 Professora: é um é esse e o outro é o de cá ((a professora mostra o desenho da apostila e compara com a imagem projetada))
- 10 Estudante 8: ele pega mais e mais_____ **[fótons que o outro]** ((a estudante 8 fala olhando pro desenho projetado pela futura professora))
- 11 Estudante 6: **[eu acho que é B]** ((fala simultânea com a estudante 7))
- 12 Professora: fala para as suas amigas... vão ver o que elas acham... o que vocês acham dessa proposta
- 13 Estudante 5: eu erre
- 14 Estudante 6: eu também...
- 15 Estudante 5: acho que era D também
- 16 Estudante 6: era:::
- 17 Professora: qual?
- 18 Estudante 6: **[a D]** ((estudante 5 e 6 respondem simultaneamente à futura professora))
- 19 Estudante 5 : **[acho que era a D]** porque é um fóton... ele vai pro A depois ele passa pelo espelho lá e passa pelo::: como que fala... o vermelhinho como que chama?
- 20 Professora: detector
- 21 Estudante 6: é isso
- 22 Estudante 8: mas até chegar [inaudível] o verdinho o outro

No turno 23, a professora faz uma intervenção, dizendo sobre a questão probabilística, que os alunos deveriam pensar na probabilidade da detecção do fóton. Após essa intervenção, os alunos ficam em dúvida novamente quanto à alternativa correta e sugerem respostas a todo momento sem nenhuma confirmação da professora. Ela pede que os estudantes discutam entre eles, entrem em consenso, mas não dá a resposta correta, deixando-os em dúvida.

- 23 Professora: não se esqueça que estão falando de probabilidade ((interrompe o estudante 8)) tá?...matemática ((faz um gesto com as mãos... significando que é algo desconhecido))
- 24 Estudante 8: quando passa no...como que é o nome disso mesmo?
- 25 Professora: semi
- 26 Estudante 8: semi... semiespelho na metade não é... então até chegar no outro eu acho que aquele pega menos que aquele
- 27 Professora: ó lembrando que é um único fóton... emitiu um fóton o que que vai detectar ((faz um gesto de número 1 com o dedo))
- 28 Estudante 8 : ah::: não vai detectar mais... só o
- 29 Estudante 8: é
- 30 Professora: um... só um? só um... eu vou detectar um fóton
- 31 Estudante 8: então mas ele reflete antes de chegar ali
- 32 Professora: ou ele tem duas chances?
- 33 Estudante 8: ou é a D ou é a A
- 34 Professora: então aí agora vocês entram em consenso
- 35 Estudante 5: acho é a A
- 36 Estudante 8: ou não
- 37 Professora: ((risos)) vocês têm que entrar em um consenso...ó... ali tem um semiespelho... o que que o semiespelho faz?

- 38 *Estudante 8: divide em dois... cinquenta pra um lado... cinquenta pro outro*
 39 *Professora: se eu emitir um fóton... o que que vai acontecer?*
 40 *Estudante 6: vai dividir*
 41 *Professora: ele vai ser dividido ou ele pode... o fóton vai ser dividido no meio?*
 42 *Estudante 6: não*
 43 *Professora: ó repare... vai de novo nas alternativas pra vocês lembrarem de novo ((os alunos leem na apostila))*
 44 *Estudante 8: é a A mesmo*
 45 *Estudante 7: eu acho que é a A*

Com o objetivo de auxiliar os estudantes a chegar à resposta correta, a futura professora faz uma iniciação (turno 46) perguntando o que vai acontecer com o fóton ao passar pelo semiespelho. Nesse momento, surge uma dúvida do estudante 6 se o fóton vai se dividir ou não. Essa dúvida é resolvida com uma intervenção de autoridade da futura professora no turno 54.

Do turno 50 ao 54, há a presença de um padrão de comunicação do tipo I-R-F-A. Do turno 56 ao 60, existe um padrão de interação do tipo I-R-F-R-F, que é uma cadeia aberta em que a professora dialoga com os estudantes 6 e 8 sem avaliar a resposta deles.

- 46 *Professora: então a gente tem um semiespelho... aí o fóton vai vir... o que que vai acontecer com ele... ele vai ser refletido*
 47 *Estudante 5: qual que é o semiespelho ali*
 48 *Professora: esse aqui ((vai até a projeção no quadro e mostra aos estudantes))*
 49 *Estudante 5: ah::::::*
 50 *Professora: ele tá aqui ó ((aproxima da bancada e mostra na apostila)) na hora que vir por ele o que vai acontecer... o fóton... tem um fóton o que vai acontecer com o fóton a gente sabe*
 51 *Estudante 6: vai dividir*
 52 *Professora: ah:::?*
 53 *Estudante 6: vai dividir*
 54 *Professora: então fóton não pode ser dividido... é a parte fundamental... não posso dividir ele então se vem um fóton o que que vai acontecer com ele?*
 55 *Estudante 6: ele vai passar*
 56 *Professora: ele vai ser transmitido ou refletido... vocês sabem?*
 57 *Estudante 6 transmitido*
 58 *Professora: a gente sabe se ele é*
 59 *Estudante 8: então é a D então*
 60 *Professora: a gente não sabe o que vai acontecer com o fóton? fóton é um mistério?*
 61 *Estudante 6: ah eu acho que é a D*
 62 *Professora: você acha que é a D? então... figth ((se dirige a estudante 8))*

Após a intervenção da professora dizendo que o fóton não pode ser dividido, a estudante 6 fica em dúvida quanto à resposta da letra E, que indica que o fóton

não será detectado nem em D_1 nem em D_2 . Apesar de ter dúvida quanto à alternativa correta, no turno 67 o estudante 6 faz uma afirmativa correta: “é *então ou ele é detectado inteiro em um ou em outro*”. A professora, no turno 70, ao escutar que o estudante 6 descartou a alternativa D, pergunta a ele o porquê, verificando que ele confunde o 50% da probabilidade com a divisibilidade do fóton. A professora faz então (turno 72 e 74) um esclarecimento ao estudante 6, dizendo que o fóton não pode ser dividido e que ele não passa ao mesmo tempo pelos dois caminhos. No turno 77, a estudante finalmente escolhe a alternativa correta, a letra D.

Do turno 70 ao 75, há um padrão de comunicação do tipo I-R-F-R-F-R, que é uma cadeia aberta sem avaliação da professora.

A abordagem comunicativa utilizada nesse episódio é interativa dialógica, a professora faz perguntas e se posiciona a partir do ponto de vista dos alunos. A intervenção de autoridade no turno 54 acontece devido a uma dúvida que aparece no diálogo entre a professora e os estudantes.

- 63 *Estudante 6: agora estou em dúvida que é a E*
- 64 *Estudante 8: se ele não pode ser dividido*
- 65 *Estudante 6: então ele passa inteiro ou ele não passa... então estou em dúvida da E*
- 66 *Professora: não... não que ele não passe inteiro... ele tem dois caminhos pra seguir*
- 67 *Estudante 6: é então ou ele é detectado inteiro em um ou em outro*
- 68 *Professora: oi? então não sei... aí vocês têm que conversar entre si*
- 69 *Estudante 8: a D está errada está descartada a D*
- 70 *Professora: por que que está descartada a D?*
- 71 *Estudante 8: porque está na metade*
- 72 *Professora: qual o problema da metade?... não ele não ser dividido... ou seja... ele não pode ao mesmo tempo por dois caminhos...*
- 73 *Estudante 8: [inaudível] ((ela gesticula indicando dois caminhos))*
- 74 *Professora: não ele não pode ao mesmo tempo... por dois caminhos... mas ele pode....não vai lá semiespelho o que o semiespelho faz*
- 75 *Estudante 8: divide [inaudível]*
- 76 *Professora: ou ou entendeu... ele pode ir para cada caminho e não que ele vai os dois ao mesmo tempo*
- 77 *Estudante 6 :aqui não está falando que ele vai ao mesmo tempo aqui está falando outro... eu acho que é D*
- 78 *Professora: enfim ((encerra a discussão))*

Intenções da professora	Explorar e trabalhar com a visão dos estudantes. Guiar os estudantes para trabalhar com os significados científicos e auxiliar na internalização.
Conteúdo	O teste é sobre a detecção de um único fóton nos detectores D_1 e D_2 .
Abordagem Comunicativa	Interativa/dialógica
Padrões de interação	I-R-F
Formas de Intervenção	A futura professora verificou o aprendizado dos estudantes com perguntas sobre a função do semiespelho e sobre o caminho dos fótons. Selecionou significados importantes que é a não divisão do fóton. Pedi esclarecimento dos alunos quanto às suas respostas.

Quadro 31 - Síntese pontos-chave episódio 10.

5.7 A entrevista final da professora Clara

Clara é perguntada na entrevista final sobre preparação das aulas ministradas no minicurso. Ela declara que as aulas do projeto PIBID e as aulas da graduação complementavam-se em relação à parte de aprendizagem do conteúdo. Uma parte do conhecimento ela obteve nas aulas de Física Moderna a que assistiu na licenciatura e a outra ela obteve em estudos durante a preparação do projeto, como a relacionada ao experimento de Mach-Zehnder.

Em relação à parte metodológica, Clara acredita que no minicurso as futuras professoras aprenderam como ensinar e trabalhar a Mecânica Quântica; “*como ensinar... então eu acho que essa foi a maior importância desse minicurso né como trabalhar com física moderna no ensino médio*” (informação verbal)⁶¹. Ela acha que o que foi ensinado no minicurso não será esquecido, já que existe uma grande diferença entre dar aula sobre um determinado assunto e aprender esse assunto na faculdade. Para Clara, os conceitos aprendidos na graduação são modificados quando são ensinados .

eu acho que isso com certeza eles não vão esquecer porque eles deram o curso... eles tiveram que ensinar... então é uma grande diferença eu tenho é certeza que eu tenho além né várias possibilidades de como né trabalhar isso... mas eu acho que o conceito tá mais firme assim eu acho que talvez eles não tenham essa dimensão porque eles nunca deram aula... você vê na faculdade aí eu via e na hora que eu ia dar aula eu falava... gente... eu acho que eu não sei nada... mas é que eu não sei passar...

⁶¹ Entrevista concedida por Clara (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (24 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice C dessa tese.

então a gente não aprende isso na faculdade como passar então quando você já deu um curso é totalmente diferente... você sabe como passar uma possibilidade e aí o conceito fica diferente... não tem nada a ver você estudar pra disciplina e fazer a prova e depois dar uma aula nada a ver (informação verbal)⁶²

A futura professora atribui como vantagem do minicurso ter aprendido a trabalhar uma nova metodologia, em que os alunos tinham voz ativa nas discussões. Para ela,

uma coisa foi diferenciada... né... a gente sempre fez sempre tentou fugir do tradicional... mas sempre seguiu a mesma linha.....
....no máximo fazer um experimento... mas nunca eles tinham essa voz ativa de aí eu acho que isso por causa daquilo e essa discussão é... eu acho que foi totalmente diferente (informação verbal)⁶³.

A voz ativa dos alunos, de acordo com a professora, está diretamente relacionada à metodologia. Se as aulas fossem tradicionais, os alunos iam permanecer calados e levar as dúvidas para casa. O *peer instruction*, segundo Clara, também permite ao professor saber quais as dificuldades dos alunos, quando eles expõem suas opiniões nas discussões e isso leva a um mapeamento de dúvidas.

é eu acho que sim porque se fosse tradicional eles não iam participar nada assim né não iam falar nada... não iam opinar em nada... então se eles tivessem alguma dúvida sobre alguma questão relacionada à aquilo eles iam levar pra casa agora com o peer instruction eles tinham oportunidade de a gente questionar eles responderem e se eles tivessem errado a gente poderia né.... saber o mais legal é poder mapear essa dúvidas (informação verbal)⁶⁴

Ao ser perguntada sobre as dificuldades enfrentadas ao aplicar a metodologia, a futura professora relata que existiram votações em que todos os alunos da bancada tinham assinalado a mesma resposta e que ela esperava escolhas diferentes, e que isso dificultou a discussão. Outro ponto que a futura professora levanta é em relação a sua postura na mediação da discussão; ela deveria induzir os alunos a entrar em um consenso por meio da discussão e não fornecer a resposta correta. Clara conta que tinha consciência de como fazer a mediação, mas que em certos momentos teve muita dificuldade e que deve ter cometido erros. Mesmo diante dessa declaração de insegurança, a futura professora

⁶² Id., 2013.

⁶³ Id., 2013.

⁶⁴ Entrevista concedida por Clara (nome fictício). **Entrevista final**. [nov. 2013]. Entrevistadora: Marina Valentim Barros. São Carlos, 2013. 1 arquivo .mp4 (24 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no apêndice C dessa tese.

aponta duas estratégias utilizadas por ela para estimular a instrução pelos colegas: ler a pergunta da questão novamente e falar alguns pontos importantes sobre o assunto para gerar a discussão.

enfim foi a dificuldade que a gente viu lá que a gente deveria falar pra eles né não induzir a resposta certa... mas induzir a eles a entrar em uma discussão... mas eu acho que eu deveria ter falado alguns pontos mesmo eu acho que lembro de ter falado algumas coisas porque se eu não falasse eles não iam gerar a discussão eles iam falar e aí?... eu acho que é essa... eu também hummm... ah eu não não falava o ..mas por que né então eu lia a pergunta de novo... mas e tal pode ser que algum momento eu posso ter cometido algum erro porque é difícil a gente se controlar por isso eu acho que o mais difícil é isso do peer instruction na hora que a gente vai é... mediar essa discussão né que a gente só está ali para puxar eles pra discutir e aí a gente às vezes pode soltar alguma coisa enfim... né... igual dar a resposta certa assim não indiretamente... mas então eu acho que a minha maior dificuldade foi nesse ponto (informação verbal)⁶⁵

A futura professora acredita que a aula tradicional é mais fácil e confortável do que a aula invertida, porque o professor tem que estar preparado para todos os tipos de dúvidas e que às vezes é difícil convencer o aluno de que ele está errado.

a tradicional você pega um livro e vomita né a aula... você simplesmente fala... o aluno não vai te questionar... isso é mais fácil... você fica né no seu conforto né... então se você mesmo tem uma dúvida vai passar batido... então é mais difícil porque às vezes a dúvida do aluno ele é tão convincente que é aquilo que é difícil você... falar que ele não é que ele está errado entre aspas... né... então é mais difícil você tem que estar bem preparado pra todas as dúvidas né (informação verbal)⁶⁶

5.8 Discussão dos resultados da professora Clara

Na entrevista inicial, a futura professora Clara indica preocupação na preparação das aulas do minicurso, principalmente no que se refere à maneira de ensinar o conteúdo de Mecânica Quântica. Ao final do processo, ela aponta que a maneira de ensinar foi um dos pontos principais do minicurso, já que ela pode experimentar como ensinar o conteúdo de Quântica, elaborar uma aula e aplicar uma metodologia ativa. Segundo a futura professora, ao ensinar um conteúdo em sala, o professor tem menor chance de esquecer o que aprendeu e ao ensinar modifica totalmente o assunto. A experiência de Clara em sala de aula, ao longo do seu curso de licenciatura, permitiu a ela perceber a diferença entre aprender

⁶⁵ Id.,2013.

⁶⁶ Id.,2013.

determinado assunto e fazer a transposição didática para a sala de aula, declaração presente nas duas entrevistas da futura professora.

Clara aponta na entrevista final algumas dificuldades encontradas por ela ao implementar a metodologia do *peer instruction*. O principal ponto para ela é a mediação da discussão pelo professor. Ela encontrou dificuldades em auxiliar os alunos na discussão quando: todos os estudantes na bancada tinham escolhido a mesma resposta, os alunos permaneciam calados e os estudantes tinham muita convicção das suas escolhas. Clara descreve alguns momentos de insegurança na sua interação com os alunos, ela conta que, em determinados momentos, tinha que explicar alguns conceitos, dizer sobre algum conhecimento (utilizar um discurso de autoridade) para provocar a discussão entre eles. Clara tem consciência de que não poderia contar qual a resposta correta (o que realmente não fez) e que deveria provocar a discussão entre os pares, para que eles chegassem a um consenso, valorizando a argumentação dos estudantes.

Da mesma forma da professora Daniela, é possível identificar nos episódios três momentos da mediação da professora Clara: a introdução do assunto científico, a discussão e o fechamento. Verifica-se que a futura professora adota algumas estratégias para mediar a instrução pelos colegas. Ela aproximava-se dos alunos, após a primeira votação, e fazia uma iniciação juntamente com algum comentário sobre as escolhas dos estudantes. Essas iniciações, além de deixar disponível para todos os estudantes da bancada a opção de cada aluno, conduziam a discussão, já que traziam também o ponto de vista da professora. São elas:

elas colocaram a B e você que colocou a A mas acha que é a C ((se dirigindo ao estudante 5))... a alternativa C coloca a interferência pertencente aos dois mundos quântico e clássico quando vocês liam no livro essa interferência...(episódio1)

você acha que não? acha que é a C?... e vocês... meninas? vocês continuam com a B? você acha que só no mundo quântico... no mundo clássico? ele colocou ((se referindo ao aluno 5))... agora ele acha que é a C né? mas enfim...(episódio 1)

qual que é a diferença entre a A e a B? qual que é a diferença entre esses desenhos aqui entre a A e a B? (episódio 2)

então você acha que é a B e vocês colocaram qual? A? ((a estudante 7 concorda com a cabeça)) ahhh... o que significa claro e escuro? (episódio 3)

A... você acha que vai ter interferência? e você?

B... não vai ter interferência vai ser por um ou por outro quem mais colocou outra? (episódio 5)

vocês colocaram a C... eu pergunto pra vocês ele colocou isso ocorre por que a luz sofre... só por que a luz sofre reflexão por exemplo igual ela mostrou aqui no espelho ela sofria interferência? (episódio 6)

e aí... pessoal...por que vocês colocaram a C? (episódio 7)

Após essas iniciações, o episódio contava sempre com respostas dos estudantes sobre o assunto introduzido pela professora. Clara realizou, em grande parte das suas interações, perguntas para os alunos, com várias intenções: saber o que eles pensavam, compartilhar as ideias com os colegas, introduzir um assunto ou conceito científico, checar o entendimento científico dos alunos e chamar atenção para determinado ponto da questão. As iniciações da professora foram do tipo

o que significa claro e escuro? (episódio2)

isso... vocês conseguiram ver essas linhas oh que vão até esses pontos (episódio2)

será que eu tenho uma fenda do tamanho do nosso comprimento de onda (episódio3)

vamos pensar no da dupla fenda tinha espelho? (episódio 6)

então aí eu pergunto... vai ter interferência? (episódio 7)

Na parte final do episódio, a futura professora transferiu a responsabilidade para os alunos fazerem a sua escolha, realizarem a segunda votação.

Dos dez episódios analisados, a professora Clara utiliza uma abordagem interativa de autoridade em cinco deles e nos outros cinco utiliza a abordagem interativa dialógica. Todas as abordagens foram interativas, a proximidade da professora com estudantes nas bancadas e a mediação da discussão favoreceram esse tipo de abordagem. Nas abordagens interativas dialógicas, a futura professora utiliza um padrão de comunicação do tipo I-R-F, fornecendo *feedbacks* aos estudantes, o que estimulou a discussão entre os alunos e com a futura professora. Nos episódios 5 e 8, ambos interativos dialógicos, ocorreu também o padrão do tipo I-R-A, que aconteceu no final dos dois episódios. Esse padrão foi usado pela futura professora para encerrar a discussão, em que ela avaliou o que o estudante respondeu.

Professora: então você colocou a C porque tem uma fenda... certo?

Estudante 5: aí não dá interferência
Professora: humm legal pode ser então...(episódio 5)

O discurso predominante da professora Clara é empírico-teórico, nas duas aulas ela trata de dois experimentos da Quântica e, na maior parte dos episódios, utiliza-se de conceitos teóricos para guiar os estudantes. Não é utilizada no discurso das professoras uma linguagem cotidiana, já que o conteúdo da Mecânica Quântica é distante do nosso cotidiano e guarda características singulares.

6 Considerações Finais

O objetivo desse trabalho é investigar como professores em formação inicial implementam tópicos de Física Quântica no ensino médio utilizando a metodologia ativa do *peer instruction*. Apesar do número crescente de trabalhos sobre as metodologias ativas de aprendizagem, poucas pesquisas sobre o assunto investigam o papel do professor na implementação dessas metodologias. Cabe ressaltar que a estruturação das aulas que utilizaram a instrução pelos colegas foi realizada por meio dos desejos e escolhas de duas futuras professoras, que não reproduziram exatamente o que estudaram, mas modificaram e adaptaram o conhecimento para a sala de aula. Para conhecer as ações desempenhadas pelas futuras professoras na implementação do minicurso de tópicos de Física Quântica, foi feita a análise dos episódios de ensino, utilizando as categorias propostas por Mortimer e Scott (2003). A pergunta de pesquisa apresentada nesse trabalho é como professores em formação inicial implementam tópicos de Mecânica Quântica para o ensino médio utilizando-se de uma metodologia ativa de aprendizagem.

Uma das respostas para essa pergunta vem da análise das relações estabelecidas em alguns momentos da instrução pelos colegas (definidos a seguir) e das intenções das futuras professoras, sistematizados no Quadro 32. Esses momentos da instrução pelos colegas foram definidos com base na identificação de três estágios distintos do *peer instruction*.

O primeiro estágio é o momento do compartilhamento das escolhas das alternativas pelos estudantes, que, auxiliados pelas futuras professoras, dizem o que marcaram no *clicker* e os seus motivos. O segundo estágio é o momento de discussão e confronto de ideias entre os alunos e as futuras professoras. O terceiro estágio é o momento de fechamento da discussão e preparação para a segunda votação. As intenções das professoras na interação com os alunos foram relacionadas a esses estágios em uma segunda coluna do Quadro 32. No primeiro estágio, nas aulas das futuras professoras, ambas têm intenção de apresentar o teste conceitual aos estudantes e de disponibilizar as ideias dos estudantes no plano social da aula. No segundo momento, o da discussão, as intenções das futuras professoras são guiar e auxiliar os estudantes no debate das ideias, dando suporte à internalização dos conceitos científicos. No terceiro estágio, as intenções das futuras

professoras são de que os alunos possam aplicar os conceitos discutidos e que cheguem a uma conclusão final com a escolha da resposta correta.

As abordagens foram usadas de formas diferentes pelas futuras professoras para mediar a instrução pelos colegas. Nas abordagens interativas de autoridade, as futuras professoras não partiam do ponto de vista dos estudantes para realizar perguntas e dar explicações, foram usadas quando os alunos permaneciam calados, parecendo não ter argumentos para fazer a discussão ou iniciavam a interação utilizando conceitos incorretos ou não pertinentes ao assunto da questão. A utilização desse tipo de abordagem pelas professoras em formação não significou em nenhum episódio dar a resposta correta para o teste. Em todos os momentos, Daniela e Clara tiveram a preocupação de que os alunos escolhessem a alternativa que fazia mais sentido para eles. As abordagens interativas dialógicas, em que as futuras professoras partiam do ponto de vista dos estudantes para realizar perguntas, dar *feedbacks* e orientá-los, foram usadas quando os estudantes compartilhavam os seus pontos de vista. Essa abordagem foi estabelecida, em alguns episódios, entre a futura professora e os alunos e em outros entre os estudantes. Quando os alunos estabeleceram a abordagem interativa dialógica entre eles, a futura professora realizou algumas iniciações que auxiliaram no prosseguimento das discussões.

As duas professoras em formação utilizaram os dois tipos de abordagem comunicativa para realizar o peer instruction, a dialógica e a de autoridade. Em alguns episódios, a autoridade da futura professora guiou a conversa entre os estudantes e, em outros, os *feedbacks* dados por Daniela e Clara auxiliavam os estudantes no prosseguimento das discussões. A mediação das discussões exigiu das futuras professoras alguns cuidados como: não dizer a resposta prontamente aos alunos, envolver todos na discussão, ouvir dos estudantes o que cada um pensa e o porquê e confrontar ideias, no caso de divergência de respostas. Essas ações não foram verificadas em somente um tipo de abordagem comunicativa, tendo ocorrido em ambas, na interativa dialógica e na interativa de autoridade.

A abordagem que mais permitiu aos estudantes discutir as ideias, compartilhar os pontos de vista foi a abordagem interativa dialógica. Nos episódios que as professoras utilizaram essa abordagem, a instrução pelos colegas ocorreu com participação dos estudantes que colocaram suas concepções confirmando ou modificando a resposta dada na primeira votação.

Estágios da instrução pelos colegas

Os estudantes, com auxílio da futura professora, compartilham a alternativa escolhida e os motivos que os levaram a tal escolha. Para auxiliar os alunos, a futura professora faz iniciações do tipo: *“você respondeu o quê?”; “todo mundo respondeu a mesma alternativa?”; “o que é a interferência? você sabe me dizer o que é?”; explica pra ela por que você acha que é a B ((se dirige ao estudante 3)) por que na sua opinião é a letra B?”; “você tenta convencer ele e ele tenta convencer você”; “discute com ela por que ela acha C tenta convencê-la...”*.

Os estudantes discutem os pontos de vista de cada um, confrontam as ideias com o auxílio da futura professora. As iniciações das futuras professoras são do tipo: *“você conseguiram separar a diferença entre os dois... então igual eu tinha comentando lá no fundo... a diferença entre o mundo clássico e o quântico?”; “ó pensa assim... você tem um negócio aqui... você vai colocar um detector em um dos braços”; leia todas as alternativas com atenção...”*.

Os alunos, com auxílio da futura professora, chegam à conclusão sobre a questão e escolhem individualmente a resposta. A futura professora utiliza expressões do tipo: *mas vocês entenderam por que é escuro?”; tem dúvida ainda?”; “vamos pessoal vamos encerrar a discussão”; vocês entenderam mesmo? mesmo mesmo? vocês entenderam mesmo gente a diferença do clássico e do quântico”; com objetivo de finalizar a discussão*.

Intenções das futuras professoras

Apresentar uma questão científica aos alunos, por meio do teste conceitual.
Descobrir o que cada estudante marcou no teste e disponibilizar no plano social da aula.
Auxiliar os estudantes a compartilhar os pontos de vista entre eles para confrontar as ideias e fornecer pré-requisitos para uma discussão mais rica.

Guiar os estudantes a trabalhar com os pontos de vista compartilhados.
Auxiliar os estudantes a trabalhar com os significados científicos e confrontar ideias.
Auxiliar os alunos a discutirem os conteúdos científicos apresentados nos testes de cada episódio.
Dar suporte à internalização dos conceitos e apoiar os estudantes a fazer sentido individualmente dos conhecimentos científicos apresentados.

Guiar os estudantes para aplicar as ideias científicas e expandir o ponto de vista científico.
Auxiliar os estudantes a chegar a uma resposta individual sobre o teste apresentado.
Transferir para os alunos a responsabilidade e o controle do uso do conhecimento científico.

Quadro 33- Porcentagem de acertos nos testes do minicurso antes e após a instrução pelos colegas.

A abordagem interativa dialógica é preferencial à de autoridade para a realização do *peer instruction*, já que os estudantes são os protagonistas da situação e a aprendizagem ocorre por meio dos pares, com o professor permitindo aos alunos exibir os pontos de vista e a partir deles mediar a discussão. A abordagem interativa de autoridade induz aos alunos à resposta correta em determinadas situações, com as considerações de autoridade feitas pelo professor e em alguns momentos, com respostas dadas às perguntas feitas pelo professor que levam a alternativa certa.

Com base nessa análise, esse trabalho visa a contribuir para a melhora na prática de futuros professores envolvidos em metodologias ativas de aprendizagem. Ao identificar os tipos de abordagens comunicativas e padrões de comunicação usados pelas futuras professoras tem-se sugestões de como um professor de física dever ser preparado para utilizar metodologias ativas em sala de aula. A pesquisa também pode ser utilizada para aprimorar a prática de professores em exercício que se propoem a ensinar Mecânica Quântica, já que apresenta proposta de uma metodologia ativa para ensinar tópicos de um conteúdo inovador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSE, B. S. et al. An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. **America Journal of Physics**, v. 67, n. 2, p. 146–155, 1999.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 17 abr. 2013.

BERETT, D. How “Flipping” the Classroom Can Improve the Traditional Lecture. **The chronicle**, p. 1–14, 19 fev. 2012.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day**. Eugene, OR: International Society for Technology in Education, 2012.

BETZ, M.; LIMA, I. DE; MUSSATO, G. Dualidade onda-partícula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 3501–8, 2009.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387–404, 2005.

CAPES- Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em: <www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>.

CATALOGLU, E.; ROBINETT, R. W. Testing the development of student conceptual and visualization understanding in quantum mechanics through the undergraduate career. **American Journal of Physics**, v. 70, n. 3, p. 238, 2002.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. **Caderno Catarinense Ensino Física**, v. 18, n. 3, p. 372–389, 2001.

COUSO, D. **Science Teachers ' Professional Development in Contexts of Educational Innovation Analysis of three initiatives**. [s.l.] Universitat Autònoma de Barcelona, 2009.

CROUCH, C. H. et al. Peer Instruction : Engaging Students One-on-One , All At Once Abstract : **Research-Based Reform of University Physics**, n. 1, p. 1–55, 2007.

DA SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. DE. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624–652, 15 dez. 2011.

FANARO, M. D. L. Á.; ARLEGO, M.; OTERO, M. R. El método de caminos múltiples de Feynman como referencia para introducir los conceptos fundamentales de la mecánica cuántica en la escuela secundaria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 233–260, 2007.

FANARO, M. D. L. A.; OTERO, M. R.; ARLEGO, M. Teaching the foundations of quantum mechanics in secondary school: a proposed conceptual structure. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 37–64, 2009.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lectures on Physics**. Volume 3 ed.[s.l.] Addison-Wesley Publishing Company, 1969.

GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 3, p. 255–260, 1993.

GILMORE, R. **Alice no País do Quantum**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. Does an Emphasis on the Concept of Quantum States Enhance Students' Understanding of Quantum Mechanics? **Science & Education**, v. 12, p. 541–557, 2003.

GRECA, I. M.; HERSCOVITZ, V. E. Superposição linear em ensino de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências**, v. 5, n. 1, p. 1–17, 2011.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da Mecânica Quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 29–56, 2001.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. Uma Proposta para o Ensino de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, p. 444–457, 2001.

HADZIDAKI, P.; KALKANIS, G.; STAVROU, D. Quantum mechanics: a systemic component of the modern physics paradigm. **Physics Education**, v. 35, n. 6, p. 386–392, 2000.

HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. **American Journal of Physics**, v. 53, n. 11, p. 1043, 1985.

IRESO, G. The quantum understanding of pre-university physics students. **Physics Education**, v. 35, n. 1, p. 15–23, 2000.

KALKANIS, G.; HADZIDAKI, P.; STAVROU, D. An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. **Science Education**, v. 87, n. 2, p. 257–280, 24 mar. 2003.

KE, J.; MONK, M.; DUSCHL, R. Learning Introductory Quantum Physics: Sensori-motor experiences and mental models. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 13, p. 1571–1594, jan. 2005.

KOHNLE, A. et al. A new multimedia resource for teaching quantum mechanics concepts. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 2, p. 148–153, 2002.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: From Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1–17, 2008.

LEVRINI, O.; FANTINI, P. Encountering Productive Forms of Complexity in Learning Modern Physics. **Science & Education**, v. 22, n. 8, p. 1895–1910, 24 mar. 2013.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 1, p. 119–132, 2005.

MARTYN, B. M. Clickers in the Classroom : An Active Learning Approach. **Educause Quarterly**, n. 2, p. 71–74, 2007.

MAZUR, E. **Peer Instruction A User's Manual**. Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.

MAZUR, E. **Confessions of a converted lecturer** Estados Unidos UNIL, Lausanne: UnilTV, , 2012. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=ZpNjem3p0Ak>>.>

MCKAGAN, S. B. et al. A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. **American Journal of Physics**, v. 77, n. 1, p. 87, 2009.

MERCER, N.; HODGKINSON, S. **Exploring talk in schools**. Segunda ed. London: Sage, 2008.

MICHELINI, M. et al. Proposal for quantum physics in secondary school. **Physics Education**, v. 35, n. 6, p. 406–410, 20 nov. 2000.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Eletrônica de ...**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2013.

MONTENEGRO, R. L.; PESSOA JR., O. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 107–126, 2002.

MORAIS, A.; GUERRA, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1502–1–15–2–9, 2013.

MORTIMER, E. F. et al. Uma metodologia para caracterizar gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil**. 2007. ed. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 1–27.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, E. M. R. DO. **Proposta metodológica para análise da dinâmica discursiva em sala de aula**V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...**Bauru: 2009

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**, v. 7, n. 3, p. 283–306, 2002.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classrooms**. Philadelphia: Maidenhead: Open University Press, 2003.

MÜLLER, R.; WIESNER, H. Teaching quantum mechanics on an introductory level. **American Journal of Physics**, v. 70, n. 3, p. 200–209, 2002.

NETO, J. DA S.; OSTERMANN, F.; PRADO, S. D. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1401–10, 2011.

OLSEN, R. V. Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 6, p. 565–574, jun. 2002.

OSTERMANN, F. et al. Fundamentos da física quântica à luz de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 1094–1116, 2009.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna” e contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23–48, 2000.

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

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D. Interpretações da mecânica quântica em um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 193–203, 2005.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da interferência quântica. **Ciência e educação**, v. 14, n. 1, p. 35–54, 2008.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 9–35, 2005.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Construindo uma unidade didática conceitual sobre mecânica quântica: um estudo na formação de professores de física. **Ciência e educação**, v. 10, n. 2, p. 235–257, 2004.

OTERO, M. R.; FANARO, M. D. L. Á.; ARLEGO, M. Investigación y desarrollo de propuestas didácticas para la enseñanza de la Física en la Escuela Secundaria: Nociones Cuánticas. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 58–74, 2009.

PANTOJA, G. C. F.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. **Uma revisão da literatura sobre ensino de Mecânica Quântica em revistas brasileiras de pesquisa em Ensino de Física / CiênciaII** Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. **Anais...**Curitiba: 2010

PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. O problema da linguagem e o ensino de mecânica quântica no nível médio. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 2, p. 421–434, 2011.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. O ensino de Física Quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 376–398, 2009a.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. On the use of a virtual Mach-Zehnder interferometer in the teaching of quantum mechanics. **Physics Education**, v. 44, n. 3, p. 281–291, 1 maio 2009b.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393–420, 2009.

PEREIRA, A. P. DE et al. Uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da física quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 831–863, 15 out. 2012.

PEREIRA, A. P. DE; CAVALCANTI, C. J. D. H.; OSTERMANN, F. Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 72–92, 2009.

PEREIRA, A. P. DE; OSTERMANN, F. Recursos e Restrições nas explicações de futuros professores de física sobre mecânica quântica. **Revista Brasileira de Pesquisa e educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 9–28, 2012.

PEREIRA, A. P. DE; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. A ocorrência de “fala privada” entre adultos: uma estratégia analítica para o estudo das funções intrapsicológicas no ensino de ciências. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 1, p. 105–120, 2011.

PEREIRA, A. P. DE; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. Um exemplo de “distribuição social da mente” em uma aula de física quântica. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 2, p. 257–270, 2012a.

PEREIRA, A. P. DE; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. Um exemplo de “distribuição social da mente” em uma aula de física quântica. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 2, p. 257–270, 2012b.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense Ensino Física**, v. 16, n. 1, p. 7–34, 1999.

POSPIECH, G. Uncertainty and complementarity: the heart of quantum physics. **Physics Education**, v. 35, n. 6, p. 393–399, 20 nov. 2000.

POSPIECH, G. Philosophy and Quantum Mechanics in Science Teaching. **Science & Education**, v. 12, p. 559–571, 2003.

ROSENBERG, J. L.; LORENZO, M.; MAZUR, E. Peer Instruction : Making Science Engaging. In: LEONARD, J.; MINTZES, J.; WILLIAN, H. (Eds.). . **Handbook of College Science Teaching**. Arlington: NSTA Press, 2006. p. 77–85.

SALES, G. L. et al. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3501–11, 2008.

SAMS, A. et al. **What Is Flipped Learning ? The Four Pillars of F-L-I-P** Flipped Learning Network, , 2014. Disponível em: <www.flippedlearning.org/definition>

SANTOS, F. M. T. DOS; GRECA, I. M. **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. 2^a Edição ed.ljuí: Editora Unijuí, 2011.

SCHELL, J. **How to write and evaluate effective questions:Best Practices in Peer Instruction**. Disponível em: <<http://blog.peerinstruction.net/2012/05/05/how-to-write-and-evaluate-effective-questions-best-practices-in-peer-instruction/>>.

SCHELL, J. **6 Big Ideas about Flipped Classrooms**. Disponível em: <<http://blog.peerinstruction.net/2012/11/16/5-big-ideas-about-flipped-classrooms/>>.

SCOTT, P. H.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR, O. G. The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. **Science Education**, v. 90, n. 4, p. 605–631, jul. 2006.

SILVA, A. DA C. T. **Estratégias Enunciativas Em Salas de aula de Química : Contrastando professores de estilos diferentes**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SILVA, A. C. DA; ALMEIDA, M. J. P. M. DE. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624–652, 15 dez. 2011.

SINARCAS, V.; SOLBES, J. Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 3, n. 31, p. 9–25, 2013.

SINGH, C. Interactive learning tutorials on quantum mechanics. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 3, p. 400, 2008a.

SINGH, C. Student understanding of quantum mechanics at the beginning of graduate instruction. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 3, p. 277, 2008b.

SINGH, C. Student understanding of quantum mechanics at the beginning of graduate instruction. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 3, p. 277–287, 2008c.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, p. 593–611, 2012.

STRAYER, J. F. **The Effects of the classroom flip on the learning environment: a comparison of learning activity in a traditional classroom and flip classroom that used an intelligent tutoring system**The Ohio State University, 2007.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de Ensino médio. **Caderno Catarinense Ensino Física**, v. 9, n. 3, p. 209–214, 1992.

TIBERGHIE, A.; BUTY, C.; LE MARECHAL, J.-F. Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching–learning sequences. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 579–604, 2004.

TUCKER, B. The Flipped Classroom. **Education Next**, v. 12, n. 1, p. 82–83, 2012.

VOKOS, S.; SHAFFER, P. Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. **American Journal of Physics**, v. 68, n. 7, p. S42–S51, 2000.

WUTTIPROM, S. et al. Development and Use of a Conceptual Survey in Introductory Quantum Physics. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 5, p. 631–654, 15 mar. 2009.

ZHU, G.; SINGH, C. Improving students' understanding of quantum mechanics via the Stern–Gerlach experiment. **American Journal of Physics**, v. 79, n. 5, p. 499–507, 2011.

APÊNDICE A

Questionário inicial participantes PIBID

Dados de identificação

Nome: _____

Curso de Graduação: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Ano de ingresso na USP- São Carlos: _____

Mês de ingresso no PIBID : _____

A participação no PIBID

1- Avalie o seu grau de concordância com as afirmações a seguir em relação as suas motivações para ser bolsista PIBID, de acordo com:

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

Para isso, marque o número que melhor representa sua avaliação.

a- Quero ser professor.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

b- Oportunidade de ter uma bolsa remunerada

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

c- Melhorar meu currículo com uma experiência no PIBID.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

d- Aproximação com a prática docente, por poder estar mais próximo à realidade escolar.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

e-Complementar minha formação na graduação com outras experiências além da grade regular da licenciatura.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

f-Aprofundamento de estudos teóricos sobre questões referentes à educação.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

g-Possibilidade de intervenção na realidade.

- 1 - discordo completamente;
- 2 - discordo parcialmente;
- 3 – indiferente;
- 4 – concordo parcialmente;
- 5 – concordo completamente.

h- Aprender como a física é ensinada nas escolas.

- 1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
 3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

2-Você pretende ser professora?

- a- Sim. b-Não. c- Ainda não me decidi.

Caso você responda sim (a) ou ainda não me decidi (c) para a questão 2 anterior responda a questão 3 . Caso você responda não (b) para a questão 2 vá direto para a questão 4.

3- Qual o motivo que a leva a querer ser professora

- a- Gosto de ensinar e transmitir conhecimentos.
 b- Se eu for professora posso ter outra profissão concomitantemente.
 c- Participação ativa na sociedade.
 d- Gosto de física e é essa a alternativa que mais me atrai no curso de física.
 e- O salário de um bom professor é satisfatório para meus objetivos.

4- Quais são suas expectativas em relação a sua participação e ao desenvolvimento desse projeto PIBID?**O ensino de física moderna e contemporânea****1- Qual (is) disciplinas já cumpridas no seu curso abordaram conteúdos de física moderna e contemporânea ? Seja bem específico e claro quanto aos conteúdo(s).**

2- Avalie o seu grau de concordância com as afirmações a seguir em relação a sua opinião quanto ao ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio

- 1 - discordo completamente;
 2 - discordo parcialmente;
 3 – indiferente;
 4 – concordo parcialmente;
 5 – concordo completamente.

Para isso, assinale o número que melhor representa sua avaliação.

a- É essencial para a formação dos alunos.

- 1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
 3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

b- Aborda conteúdos importantes para a formação de um cidadão do mundo atual.

- 1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
 3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

c- Provocará maior interesse dos alunos em sala de aula, já que aborda conteúdos contemporâneos.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

d- É extremamente complicado ensinar física moderna e contemporânea devido ao grande formalismo matemático empregado.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.
4- Ao ensinar física moderna você acredita que os alunos encontraram dificuldade com

a- A compreensão dos conceitos fundamentais da física moderna.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

b- A matemática utilizada para ensinar os conteúdos de física moderna.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

c- A utilidade e a pertinência desse conhecimento na sua vida.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

5- Aponte outra(s) dificuldade (s), que na sua opinião, pode (m) ser enfrentada pelos alunos ao se depararem com as aulas de física moderna.

6- Na sua preparação para ministrar aulas sobre o conteúdo de física moderna nas escolas você acha que encontrará dificuldades

a- Em compreender o assunto de física moderna a ser trabalhado com os estudantes.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

b- Na preparação das aulas de física moderna e contemporânea.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

c- Na maneira de ensinar um assunto de física moderna e contemporânea para alunos do ensino médio.

1 - discordo completamente; 2 - discordo parcialmente;
3 – indiferente; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo completamente.

7- Aponte outra(s) dificuldade (s), que na sua opinião, pode(m) ser enfrentada por você ao estudar e preparar as aulas de física moderna para o ensino médio.

APÊNDICE B

Entrevista inicial da professora Daniela

Entrevistadora: a primeira pergunta é por que você está fazendo a licenciatura em ciências exatas né com ênfase em física e se você quer ser professora

Daniela: na verdade eu sempre quis licenciatura desde quando eu pensei em começar a prestar vestibular isso foi desde o primeiro colegial nunca quis mudar só tinha dúvida antes do que eu queria fazer ...e ... eu sempre admirei muito a carreira de professor e eu sempre soube dos desafios mesmos

Entrevistadora: humhum

Daniela: mas mesmo assim eu nunca desisti nunca tirei isso da minha cabeça e por...e eu acho que é uma profissão que sem ela nenhuma outra pode se formar sabe então eu acredito que é uma profissão que vai além....da ganância de ter dinheiro mas é sim do amor mesmo eu gosto de fazer o que eu faço esqueci outra pergunta ((risos))

Entrevistadora: e se você é:::: perguntei por que você entrou no curso de licenciatura é física mesmo né ou você tá em dúvida ainda?

Daniela: na verdade eu estou em dúvida ainda assim eu estou em dúvida porque eu pretendo dar aula mas não sei em que área

Entrevistadora: você tem que escolher quando?

Daniela: no terceiro ano eu acredito

Entrevistadora: ah tá mas aí de física você gosta de física?

Daniela: eu gosto

Entrevistadora: e o que você mais gosta de física qual conteúdo que você gosta mais?

Daniela: ótica

Entrevistadora: é

Daniela: humhum

Entrevistadora: tá...e como você soube do PIBID por quem? como?

Daniela: já haviam me falado bem antes de eu entrar na faculdade que existia essa bolsa voltada pra licenciatura e eu achei bem legal assim que aí eu soube que eu cheguei aqui eu corri atrás aí eu soube do Marcelo que ele estava querendo alunos...e eu achei que a bolsa seria uma ótima experiência pra mim por que até então eu não estava dando aula ainda eu achei que seria muito bom logo no começo do curso frequentar uma sala de aula entender como funciona a dinâmica de uma sala de aula e a preparação para entrar nela ...foi isso

Entrevistadora: mas você sabia para que servia o PIBID para que que era o projeto né que era um projeto de docência?

Daniela: é eu conhecia

Entrevistadora: conhecia como?

Daniela: ah eu fui atrás pela internet por alunos que já foram bolsistas a ideia do projeto

Entrevistadora: tá e como é que foi a sua participação suas tarefas do PIBID por que você entrou depois não foi? você assistiu só as aulas como é que foi fala pra mim um pouquinho

Daniela: então eu assisti as aulas das outras bolsistas

Entrevistadora: lá de ibaté?

Daniela: é eu fui assistir as aulas delas e ... pra eu poder entender como elas agiam dentro de uma sala de aula por que até então eu nunca tinha frequentando como papel de professor e eu assisti as aulas delas como que elas se preparavam pra fazer a aula todo o conteúdo que elas achavam julgavam ser necessário pra colocar na aula que elas iam expor como elas pensavam nos alunos foi assim que eu fui

Entrevistadora: você não ajudou nas aulas não?

Daniela: não eu não pude ajudar porque ainda não estava

Entrevistadora: e aí depois você fez a parte do flipped você apresentou os seminários

Daniela: isso apresentei

Entrevistadora: entendi e o que você achou das aulas ...que você assistiu?

Daniela: eu achei que é muito difícil assim você preparando as aulas é uma coisa mas na hora que você tá lá expondo o conteúdo é muito diferente assim por que principalmente para os professores que estão começando sabe por que você aprende muita coisa na universidade mas na hora que você vai passar isso para os alunos é diferente e também é muito diferente como eles vão receber isso de você então você tem que ter todo um planejamento não só como ...não só o que você vai passar mas como você vai passar isso pra eles pra tentar fazer aquilo ser interessante pra eles

Entrevistadora: e você acha que o trabalho sendo em grupo facilita o fato de vocês trabalharem juntas no PIBID?

Daniela: eu acho que sim por que é um ótimo momento pra gente poder assim compartilhar o que a gente acha que vai ser necessário passar mas eu acho também que a gente deveria ficar um pouco em sala de aula ter aquele contato individual com o aluno sabe por que as vezes por que na realidade quando a gente for pra sala de aula a gente não vai estar em grupo vai estar o professor e a sala

Entrevistadora: você acha que devia ser você dando uma aula individual no caso?

Daniela: é ou então a gente sei lá igual Marcelo sempre fala a gente vai ter os minicursos a gente poderia ter um contato melhor com os alunos as dificuldades dele sabe quais são ... as coisas que travam eles sabe

Entrevistadora: você acha que com aquelas aulas você não conseguiu ver isso?

Daniela: ah não ficou muito subjetivo na minha opinião

Entrevistadora: ficou muito geral né?

Daniela: por que elas colocaram o conteúdo lá e não dava pra saber até que ponto o aluno sabia daquilo sabe até que ponto o aluno entendia de onda por exemplo elas tentaram mostrar com experimentos do dia a dia:::::: e levaram a cuba mas eu achei que ficou meio vago por que ...os alunos você não conseguia saber se os alunos realmente estavam entendendo sabe...eles estavam ouvindo mas entendendo a gente não teve aquele feedback

Entrevistadora: e você entendeu as aulas de física moderna?

Daniela: mais ou menos pra ser sincera ((risos)) por que eu achei que faltou um certo planejamento da ordem de conteúdo só.. por que eu achei que teve parte que ficou muito vago assim tipo conteúdo caiu ali mas não estava encaixado naquilo que elas estavam falando sabe por que eu acho que física moderna como é um assunto muito complicado que as escolas ate não costumam passar hoje em dia então eu acho que tem que ter todo um planejamento maior e melhor é a minha opinião

Entrevistadora: e você já tinha tido contato com física moderna ou foi a primeira vez ?

Daniela: assim a fundo foi a primeira vez quando eu fiz ensino médio o meu professor só...só apresentou e a gente nem chegou a aprofundar nada do que eu vi com elas sabe esse negócio

Entrevistadora: por que você acha que mesmo a pesquisa falando que a gente tem que inserir física moderna já é um consenso... as pessoas ainda não sabem como fazer isso qual que é sua opinião que isso ainda não aconteceu?

Daniela: eu acho ...que...o problema mesmo é em estruturar esse conteúdo por que é muito são dois mundos diferentes assim agora eu estou numa faculdade eu consigo entender e eu estou dando aula já num cursinho popular daqui e eu vejo que é muito difícil você por que aqui na faculdade você aprende tudo... tudo de física é aquela loucura quando você vai ver o que você tem passar pra um aluno é muito difícil por que você fala não isso ele não precisa saber por que ele vai precisar de toda uma bagagem eu acho que existe uma grande defasagem já na educação então é muito difícil pra um professor continuar um aluno...continuar um conteúdo... desculpa que é muito maior sendo que lá trás faltou conceitos prévios então existe uma falta de estrutura tanto da parte do professor quanto da parte dos alunos sabe

Entrevistadora: mesmo pra Física Moderna?

Daniela: mesmo pra Física Moderna por que eu acho que um assunto vai puxando o outro e se falta defasagem lá na coisa tipo no básico é muito difícil para os alunos acompanharem e isso consequentemente representa a falta de interesse deles

Entrevistadora: mas você acha importante a Física Moderna no ensino médio?

Daniela: eu acho por que principalmente pra quem vem pra essa área de exatas quando chega aqui sofre demais assim com o conteúdo né mesmo por que você está acostumado com aquela física... fórmula exercício fórmula exercício quando você chega aqui é muito diferente você tem que saber de onde vem as coisas e eu acho que a Física Moderna vai explicar um pouco isso e vai fazer os alunos se interessarem mais em saber tudo o que eles vem em fórmula sabe por que é um assunto muito interessante na minha opinião pelo menos e....eu acho que falta isso sabe...falta a vontade das pessoas entenderem da onde vem não ficar só naquilo

Entrevistadora: entendi e uma pergunta aqui você acha que os professores que estão formados há mais tempo tem a mesma condição de ensinar física moderna dos que os que vão ser formados agora ou o seu caso por exemplo você vai se formar daqui um tempinho você acha que você está da mesma forma preparada dos que estão preparados ... dos mais experientes pra implementar a física moderna? você acha que é igual isso

Daniela: uma pergunta difícil por que eu acho

Entrevistadora: é só uma opinião né

Daniela: é eu acho que estão por que eu acho que esse conteúdo todo mundo que se forma em exatas teve...teve que estudar e teve que passar na matéria eu só acho que falta assim é aquilo que eu tinha falado antes preparação dos professores em saber como colocar esse assunto por que é um assunto que por ele ser assim complexo demais que as escolas até vetam esse conteúdo ele nem é cobrado em vestibular que cessa muito alunos a não estudarem isso falta aquela preparação de fazer os alunos a se interessarem mesmo por que os professores tem que saber como colocar e os alunos tem que saber como entender aquele conteúdo por que não é simplesmente ouvir tem que ter toda aquela preparação antes então acho que todos são capazes de ensinar mas é só essa...falta essa preparação essa visão assim de saber mesmo

Entrevistadora: uma pergunta aqui Daniela pra você o que você acha o professor de física precisa saber e o que ele precisa saber fazer pra dar uma boa aula de física agora que você está na escola...o que você acha

Daniela: tá eu acho que.... primeiramente ele tem que dominar bem os conteúdos né? então ele tem que ter uma boa formação acadêmica e levar muito...sempre ter levado muito a sério seus estudos e nunca ter desprezado nada na universidade... agora pra passar esse conteúdo para os alunos eu acredito que ele tem que se ver como um ser não superior ver que ele está ali pra entender cada aluno por que cada aluno tem uma dificuldade cada aluno tem uma cabeça voltada para um área não é todo mundo que gosta daquilo que você vai passar então cada um tem que olhar individualmente cada professor tem que olhar individualmente pra cada aluno é difícil principalmente aqui em uma sala de quarenta alunos é...mas ele tem que pelo menos tentar fazer com que ele não fique ali passando aquele conteúdo e ele achar que o papel dele acabou não...não acabou ele tem que fazer as pessoas entenderem o que ele está passando não simplesmente resolver o exercício e falar acertei isso é entender não na minha opinião isso não é entender um conteúdo

Entrevistadora: entendi você teve contato com o negócio do flipped né...o que você achou do negócio do flipped o que que é pra você uma aula invertida

Daniela: ah é exatamente fazer isso que eu falei sabe na minha opinião pelo menos é fazer com que professor ele não se veja como o único...a única pessoa que sabe ali por que acredito que antigamente o conhecimento ele era construído ele não era exposto então um professor que chegava na sala de aula ele construída é assim que funciona na universidade o professor chega ele sabe o conteúdo mas ele tem que construir com os alunos por que se não não existe conhecimento na minha opinião então ele chegar ali e entender que cada um tem uma dificuldade saber que ele tem que de alguma forma fazer aquele aluno entender o conteúdo entender mesmo sabe e gostar de entender

Entrevistadora: você acha que a aula invertida ajuda isso?

Daniela: pode ajudar dependendo... de cada um sabe na minha opinião

Entrevistadora: você gostou da metodologia?

Daniela: eu achei...eu achei muito interessante por que ao que parece quando a gente leu o livro que ela era uma maravilha né mas eu acredito que ela demora um pouco pra funcionar por que isso exige exige muita responsabilidade dos próprios alunos do interesse deles então

Entrevistadora: você acha que você está apta pra fazer uma aula invertida ?

Daniela: não sei ((risos)) de verdade eu não sei por que...é aquilo que falei os professores principalmente por exemplo eu que estou começando agora dando aula agora pra mim é novidade aula dar uma aula expositiva eu fico imaginando dar uma aula invertida sabe eu não sei como eu vou me comportar direito eu não sei como eu vou cobrar a responsabilidade dos alunos ..sabe

Entrevistadora: você acha que então é mais difícil pro professor a aula invertida do que a aula tradicional?

Daniela: sim por isso que eu acho que muitos professores gostam mais da aula expositiva e tradicional por que você se colocar como um quase aluno ali no meio daquelas pessoas e entender cada um é muito difícil você se interagir com tudo mundo do que você lá expor conteúdo e se interagir com quem vem procurar você acho que é ...

Entrevistadora: e você acha que essa aula invertida vai facilitar mais para o entendimento da Mecânica Quântica?

Daniela: acredito que sim por que como eu falei como é um assunto complexo né e as pessoas eu acho que o conhecimento ele é construído com conversa e dinâmica então eu acho que pode ser que ajude não sei se vai ser uma certeza

Entrevistadora: agora duas coisas aqui o que que é pra você uma inovação curricular?

Daniela: nossa que pergunta difícil ((risos))...ahhh...alguma coisa que foge do padrão eu acho sabe aquela formação acadêmica....aquela formaçãonormal que já está todo mundo acostumado

Entrevistadora: e você acha que é capaz de implementar uma inovação curricular na sala de aula?

Daniela: acredito que sim com muita preparação com muita dedicação

Entrevistadora: e uma última coisa como é que são suas relações dentro do PIBID com as alunas como o professor orientador que no caso com o Marcelo e lá na escola você acha que o PIBID foi bem recebido como é que você classifica essas relações

Daniela: ah com o pessoal da bolsa....

Entrevistadora: você acha importante para a sua formação você acha que é bom como que é?

Daniela: com o pessoal da bolsa com as meninas eu acho ...não tenho que reclamar nas escolas já é um pouco diferente pelos professores nós somos super bem recebidos o problema mesmo é os alunos né... por que é muito difícil pra eles assim tem que entender a realidade deles né muitos trabalham estão cumprindo apenas aquela grade...na escola não tem aquela responsabilidade de ter um futuro acadêmico então não podem por condições ...então os alunos eles são um poucos difíceis ((risos)) por que eles né .. as vezes não levam muito a sério o que a gente está passando ali é aquilo que eu falei é muito difícil você entender o que o aluno quer e tentar fazer aquilo se tornar interessante pra ele mas com...em relação ao pessoal não tenho muito o que reclamar

Entrevistadora: então é isso tem alguma coisa que você queria falar e não falou? ((silêncio)) então é isso obrigada Daniela

APÊNDICE C

Entrevista final da professora Daniela

Entrevistadora: Tenho várias perguntas a primeira pergunta é como você se sentiu fazendo parte do PIBID eu quero saber o seu sentimento em relação a participação com os colegas...na preparação das aulas

Daniela: ah em relação a participação com os colegas eu gostei muito...foi bem legal a gente se aproximou bem bastante assim e...preparar as aulas foi bem complicado né? porque como é um grupo é diferente de quando você prepara as aulas sozinho

Entrevistadora: Você prefere como?

Daniela: Ah depende...depende eu acho que...não não sei nem dizer porque quando você está...preparando uma aula acho que normal eu imagino que seja assim acho que você preparar aula sozinha é melhor por que você é o professor dentro de uma sala de aula agora como a gente estava em um projeto então eu acho que preparar em grupo pareceu bem mais viável do que separar as tarefas por que seria uma opinião coletiva não uma opinião só minha né então não dependia só de mim

Entrevistadora: e...e...você participou desse trabalho em grupo na parte das aulas tradicionais você chegou assistir não chegou?

Daniela: aham

Entrevistadora: você viu a parte das aulas da dupla fenda?

Daniela: sim

Entrevistadora: tá...e o que você achou da diferença das aulas tradicionais para essas aulas usando a metodologia do peer instruction?

Daniela: eu achei que usando a metodologia é muito difícil assim...é complicado

Entrevistadora: pra quem?

Daniela: para quem está dando a aula...por que você tem que ter uma posição muito diferente de um professor que só expõe a disciplina por que quando você está eu pelo menos eu percebi assim por que eu já dou aula né então... quando você está expondo só a disciplina é muito fácil...por que é como se você não precisasse saber a opinião dos alunos por que quando você está expondo a disciplina pra você eles estão entendendo se eles não entendem eles te fazem alguma pergunta você responde aquilo acaba ali...você realmente não sabe se eles entenderam agora quando você aplica essa metodologia nova você tem aquele feedback se eles estão realmente entendendo ou não e aí você tem que saber colocar aquela posição como que eu vou realmente voltar a explicar essa matéria de um jeito diferente por que daquele jeito que eu já falei eles não entenderam...então é muito difícil assim eu achei complicada:::do para um professor é muito difícil pra um professor novo assim que nunca pegou assim assusta quem nem a primeira vez eu assustei ((risos)) por que você fica meio e agora? eles não sabem o que eu faço? eles tem que discutir e a parte de fazer eles discutir é muito mais complicado ainda...por que se eles não entendem eles tem que discutir com o colega e as vezes acho que isso fica muito complicado entre eles por que

Entrevistadora: e eles... a discussão com eles foi complicado?

Daniela: eu achei que foi ((risos))

Entrevistadora: é ? como é que você fez? que horas que deu certo que horas que deu errado? como é que foi?

Daniela: a bancada que eu acompanhei sempre foi aquela daquela menina ruiva

Entrevistadora: do cantinho aquela menina que sabia tudo

Daniela: é aquela menina é muito inteligente então eu achei que ela induzia as outras pessoas a pensar do jeito que ela pensava entendeu

Entrevistadora: e ela conseguia sempre?

Daniela: ela acertava então quando ela errava ela mesmo percebia o porque ela errava com as próprias com...assim as minhas próprias instruções né eu nunca dei a resposta pra ela mas ela...ela mas ela mesmo acertava isso induzia as pessoas a...entender o jeito dela mas de verdade as outras pessoas que estavam com ela na bancada pra mim não entendiam

sabe...ela induzia muito por que ela era muito inteligente...então ela conseguia sozinha entender as coisas aí eu achei complicado por que...aparecia que o pensamento dela dominava entre os outros assim então foi bem difícil fazer eles terem uma discussão por que bem naquela bancada tinha três tipos de aluno...o aluno que sabia muito...o aluno que sabia mediano e o aluno que não conseguia entender nada...que era aquele terceiro aluno que estava aqui do outro canto então isso dificultou por que quando eu colocava eles pra discussão...o terceiro aluno ele quase não opinava por que a menina que sabia muito ela opinava mais e por mais que eu instigasse ele a falar ele não se sentia a vontade eu não sei se ele estava com vergonha e ela mesmo interrompia então ficou uma coisa bem difícil assim eu não sabia como lidar com isso

Entrevistadora: e a sua opinião não interferia muito você não conseguia instigar muito não?

Daniela: então...eu tentava fazer ele responder mas ao mesmo tempo que eu instigava ele ela...já se deixava sabe então foi bem complicado assim e uma coisa que eu....que assim foi muito difícil pra mim também como eu dou uma aula muito expositiva foi que essa menina quando eu chegava na bancada a ideia dela era tirar dúvida comigo...pra ela na visão dela...então ela me fazia perguntas e eu não sabia como que eu tipo fazia ela pensar a respeito das respostas das próprias perguntas sem que eu desse a resposta entendeu? na visão dela eu ainda estava ali pra responder as perguntas dela as dúvidas dela então foi muito difícil eu tentar fazer é:::: eles responderem a pergunta dela

Entrevistadora: e ela...quando ela errou ela não foi convencida pelo outro colega...não teve mudança de resposta?

Daniela: é aquele aluno do meio que é o aluno mediano eles conversaram bastante eles discutiram bem assim eu gostei da discussão deles assim e...eu achei teve uma hora que ela errou e foi ele que ajudou ela errar...acho que se eu não me engano foi no Mach-Zehnder e foi bem legal assim por que eu vi realmente os dois discutindo sabe...bem foi bem forte assim aí eu vi que ele ajudou ela entender o ponto que ela tinha errado foi uma parte que eu gostei mas o que assim me preocupou foi o terceiro aluno que ele eu não sabia como fazer...ele por mais que eu tentasse eu não conseguia fazer ele interagir com os outros dois não sei se ele se sentiu mais assim por causa dos dois

Entrevistadora: mas você vê alguma vantagem para os alunos em relação a aula invertida...por que que para os professores a gente já sabe que é uma tarefa difícil e para os alunos

Daniela: ah eu vejo vantagem sim por que eu acho que o conhecimento ele não fica só concentrado no professor quando você faz os alunos discutirem eu acho que isso é induz eles até participarem mais sabe da própria aula assim por que...por exemplo física é um assunto que a maioria das pessoas acha muito chato assim quando você está numa aula expositiva ninguém gosta...então quando eu acho que você faz os alunos discutirem eu acho que isso faz eles participarem e sentirem interesse de prestar atenção por que eles vão ter eles vão ter aquela obrigação de discutir de se interessar e por que que o outro fez isso sabe na minha opinião...isso é faz o aluno ele se interessar mais pela aula que você está passando isso é melhor até pro professor não só para os alunos né por que eu acho que pelo menos acho que o conhecimento como ele é muito cumulativo assim acho que quando você só fica escutando você não aprende sabe...você tem que ter interação de algum modo então eu acho que é muito legal isso por que eu acho que ajuda até na memorização sabe por que você lembrar é o aluno falar aquele amigo falou aquilo entendeu mas aquilo não é verdade ou é sabe...então acho que isso facilita até na memorização do assunto eu vejo uma vantagem

Entrevistadora: e como que foi sua preparação para essa aula pro peer instruction? você leu no facebook? como é que foi? como é que foi o seu processo?

Daniela: ah desde quando eu comecei a trabalhar mesmo no projeto...bom o professor Marcelo ele deu vários livros pra gente ler artigos e a gente leu...é... fez a tradução estudou...foi em grupo a gente discutiu bastante sabe vários artigos sempre todas as reuniões que a gente fazia ele sempre lembrava como que era e a gente se preparou bastante assim foi até o minicurso a gente só falou disso da metodologia...sempre foi assim...só que eu percebi que na hora que realmente a gente vai aplicar é muito diferente

por que sabia tudo mas na hora de aplicar você meio que trava assim...por que é aquele negócio todo mundo...quando tipo a maioria erra a questão você tem que voltar eles a fazer a discussão né tem que fazer a discussão depois eles vão responder de novo só que na hora que eles erram a primeira vez assim eu meio que...eu quase falei por que que estava errado sabe é muito difícil a adaptação por mais você olha a gente trabalhou consideravelmente muitos meses sobre a metodologia mas na hora que vai aplicar a gente meio que trava assim por que é muito complicado eu acho

Entrevistadora: e a preparação....e os testes? o que você achou dos testes? você gosta daqueles do uso dos testes? você acha os testes importantes?

Daniela: ah eu acho

Entrevistadora: você acha eles bem escolhidos?

Daniela: eu achei a gente preparou assim bem legal sabe achei que ficou bem é bem haver com que a gente estava falando bem condizente só que...eu acho muito legal a ideia dos testes por que foi aquilo que eu falei induz o aluno a prestar atenção se ele sabe que ele vai ter que responder alguma coisa se faz o aluno é ter vontade de prestar atenção e não relevar entendeu por que as vezes o professor está...geralmente a gente vê isso né está falando alguma coisa o aluno vê aí o assunto é muito difícil eu vou relevar não vou usar isso pra minha vida entendeu...então acho que isso faz o aluno querer a prestar atenção sabe eu acho querer saber que depois eles vão ter que discutir a ideia se eles acertaram se eles erraram...por que que está errado eu acho que isso induz o aluno a querer a realmente a prestar atenção por que pelo menos foi uma coisa que eu percebi assim na primeira questão na segunda questão eles né estavam prestando atenção mas estavam ruim depois eu achei que o desempenho deles melhorou bastante assim ao decorrer da questão pelo que eu fui analisando pelo menos...na minha opinião eles tipo viram que eles iam ter que responder e foi "tendo" neles assim uma vontade de querer acertar assim então eu acho que a ideia de prestar atenção e ter essa capacidade de pensar sozinho o que que ia acontecer sem realmente ter o conteúdo expositivo achei que foi bem legal...pelo menos eu vi uma melhora neles assim no decorrer dos

Entrevistadora: e em relação a Física Quântica você estudou tudo sozinha? como é que foi?

Daniela: tudo sozinha ((risos))

Entrevistadora: como você estudou?

Daniela: ah eu busquei outros meios né por que como eu não tenho um faculdade ainda então eu busquei em livros...é artigos que eu achava os artigos que a gente utilizou mesmo testei no software pra tentar entender as coisas então tudo que eu pegava na teoria eu testava no software pra realmente entender que era aquilo que estava acontecendo... é não foi fácil por que eu ainda não tenho então não tenho nada né...não uso nada do que [inaudível] ainda não tenho estou agora entrando na faculdade então foi bem complicado assim mas eu gostei sabe

Entrevistadora: você acha que você aprendeu?

Daniela: eu prefiro verificar isso mais pra frente não sei se eu aprendi pelo menos em teoria

Entrevistadora: você acha que se você tivesse tido a disciplina antes você ia ter aprendido mais ou menos do que você aprendeu buscando sozinha?

Daniela: eu acho que se eu tivesse já tido a disciplina ia facilitar um pouco pra eu poder passar esse conhecimento para eles acho que não pelo fato de eu não saber mas só pelo fato de eu me sentir um pouco mais segura em relação ao conhecimento que eu já tenho sabe...por que o conhecimento que eu já tenho quando eu vou passar em sala de aula me sinto segura mas quando é conhecimento novo eu ainda não treinei muito...assim eu treinei o básico então em teoria eu consigo explicar um pouco de física quântica pra qualquer aluno mas eu não sei o assunto aprofundado acho que se eu soubesse o assunto realmente aprofundado isso ia me trazer um pouco mais de segurança sabe...se eu tivesse tido a disciplina mesmo... tido a obrigação

Entrevistadora: e você acha que é possível ensinar a física quântica no ensino médio?

Daniela: eu acho

Entrevistadora: você acha que a gente conseguiu?

Daniela: eu acho por que a gente teve bons resultados eu achei...assim...até inclusive por que depois posterior ao minicurso quando os alunos estavam lá fora eles vieram elogiar a gente...estava eu e o professor Marcelo então assim eu achei eu não sei se...acho que foi a mesma situação que a minha assim em teoria eles aprenderam mas obviamente eles não aprenderam tudo sabe mas eu acho que é possível...sim é que foi um minicurso então foram poucas aulas mas eu acho que é possível ensinar sim

Entrevistadora: e você acha que é um conteúdo importante?

Daniela: ah eu acho por que principalmente pra quem vem pra área de exatas assim eu acho que...faz muita falta sabe eu estou vendo isso agora na graduação eu sinto falta de ter tido certos conteúdos no ensino médio que eles excluíram por que eles acham que não tem necessidade...física quântica é uma delas assim por que se for ver ela explica basicamente tudo o que a gente vê hoje e faz muita falta por que você chega na graduação você não entende nada do que está acontecendo então eu acho que faz falta

Entrevistadora: e que pontos que você achou positivo no PIBID e o que você achou negativo na sua participação no PIBID todo como um todo?

Daniela: ah eu gostei da dinâmica de trabalhar em grupo em um projeto assim com uma carga de responsabilidade grande até por ter aplicado uma metodologia nova teve que ser em grupo por que ninguém sabia aplicar pra mim foi um ponto positivo...é ter experiências novas...é agora um ponto negativo não sei eu acho que nesse caso eu acho que foi pelo menos pra mim faltou um pouco vivenciar a sala de aula mesmo sabe a realidade dos alunos assim

Entrevistadora: isso foi a primeira parte né você só ficou ouvinte

Daniela: então...eu não vivenciei isso então pra mim um ponto negativo do PIBID foi isso sabe por que que nem as outras meninas elas vivenciaram isso então elas puderam comparar é pra mim um ponto negativo foi isso por que por exemplo...a gente trouxe os alunos aqui é uma realidade diferente né aqui a gente tem tudo é os alunos vieram os alunos que vieram já são os alunos mais interessados eu queria por exemplo ver como que era aplicar essa metodologia numa sala de aula onde tem alunos interessados e desinteressados sabe numa semana normal por exemplo se a gente chegasse lá numa quarta feira de uma semana x como que será que eles iam reagir será que ia ter tido o mesmo desempenho sabe é isso que eu fico pensando por que pra mim o ponto negativo foi esse...as meninas vivenciaram isso lá então quando ela...eu assisti como ouvinte e agente viu que é bem complicado assim por que ao mesmo tempo que a gente tem alunos que participam tem alunos que dormem ((risos)) então eu queria ter vivenciado isso assim eu acho que isso foi um ponto negativo

Entrevistadora: e você acha que você conseguiria fazer isso sozinha?

Daniela: não sei ((risos)) eu acho que ia depender da experiência mesmo da preparação eu acho que a primeira vez ia ser um lixo pra ser sincera por que sozinha é mais complicado como a gente estava em grupo então facilitou bem o trabalho agora

Entrevistadora: e você acha que esse projeto vai te ajudar na carreira de professor?

Daniela: eu acho que vai...por que te cria muita experiência assim na questão de lidar com pessoas sabe por que é muito diferente quando você está na graduação tem que apresentar um seminário é a mesma coisa você está apresentando um seminário pra gente que você vê todo dia sabe então seus amigos estão ali sua professora agora quando você tem um projeto assim você tem que levar conhecimento pra quem não tem não é...realmente não tem...então eu acho que ajuda sim

Entrevistadora: e se você tivesse por exemplo fosse contratada em uma escola hoje por exemplo sua aula se você não tivesse cursado feito o projeto PIBID ia ser a mesma aula? você acha que acrescentou alguma coisa na sua aula? você ia dar a mesma aula se você não tivesse participado do PIBID?

Daniela: não...assim...se eu não tivesse participado do PIBID eu acho que eu ia dar uma aula mesma aula que eu dou sempre

Entrevistadora: e agora com o PIBID?

Daniela: eu acho que muda...por que você aprende um pouco a lidar assim com a situação de que você é um professor mas que você tem que por a postura que você não é do dono

do saber que você está sujeito a opiniões ali sabe...é diferente você chegar na verdade eu comparo isso já no tempo que eu chegava desde o começo do ano entrando numa sala de aula olha como eu estou chegando agora

Entrevistadora: o que você compara? explica melhor isso

Daniela: ah é diferente antes eu chegava como eu dou aula no cursinho né eu chegava dava aula...ia embora assim...não tinha aquela preocupação sabe em saber como o aluno está sabe se ele realmente está aprendendo...com o tempo que você vai ficando na sala de aula com o tempo que eu fui a gente foi...que a gente no PIBID a gente tinha que analisar muito isso como que o aluno realmente vai aprender o que a gente vai passar né...também isso cria uma preocupação no professor no começo eu não tinha essa preocupação pra mim era chegar expor o conteúdo e ir embora o problema era deles...agora no fim do ano você vai vendo que não é assim eu tenho que expor o conteúdo mas eu me preocupo em saber se realmente eles estão aprendendo sabe e como que eu posso mudar meu jeito de ensinar pra que todo mundo na sala aprenda...já que os alunos não são iguais então a gente tem que ter essa preocupação...eu tenho essa preocupação hoje pelo menos eu já criei isso então eu fico preocupada pensando em casa como que eu posso mudar o jeito de explicar isso pra que todo mundo entenda se alguém olhar pra mim e falar eu não entendi isso eu tenho que mudar a explicação pra que ele entenda como que eu posso fazer outras maneiras de explicar esse assunto x para que todo mundo vai entender...então que a capacidade de cada um de entender é muito diferente então...tem que levar isso em consideração

Entrevistadora: você gostou de ter participado você acha que valeu?

Daniela: ah eu gostei...pena que acabou ((risos))

APÊNDICE D

Entrevista inicial da professora Clara

Entrevistadora: na verdade é uma conversa só um bate papo sobre o PIBID mesmo coisas que a gente já fez... já que você participou desde o início não foi?

Clara: na verdade eu comecei esse ano... eu fazia iniciação com ele antes

Entrevistadora: a primeira pergunta tinha lá no questionário né por que você entrou no curso de licenciatura e se você pretende ser professora

Clara: entrei no curso de licenciatura fiquei sabendo por professores sempre gostei de física mas gostava de ensinar... sempre gostei de tirar dúvidas de alunos os amigos de sala mesmo e aí um professor meu fez esse curso e me mostrou... eu sempre gostei de física mas gostava da área de exatas no geral então esse curso seria perfeito porque teria matemática química e

Entrevistadora: física

Clara: física e aí é legal porque eu entrei no curso eu gostei mas... claro física né pensei é uma coisa bem física e acabei me apaixonando muito pela área de humanas que é a educação então é uma coisa... uma área quem me interessa bastante é a educação.

Entrevistadora: você tá em qual período?

Clara: estou no último

Entrevistadora: no último né... e de física quais são os assuntos que você mais gosta?

Clara: ah você tá falando pra dar aula ou...

Entrevistadora: não que você gosta mesmo

Clara: eu já dou aula em duas escolas eu acho que... eu gosto muito de dar aula de elétrica... é eu acho que elétrica é a mais assim que acredito que a física que parece que é mais trivial... a parte de mecânica que parece mais trivial é muito difícil que elétrica eu sempre tento levar algum objeto multímetro ou algo assim então é fazer muita analogia ou mostrar coisas do dia a dia tento né trazer algo assim... e ou mesmo ótica acho legal dá pra fazer várias coisas também agora por exemplo Leis de Newton que parece mais trivial do mundo é muito difícil uma coisa muito complexa então acho que a ótica e elétrica é o que eu mais gosto

Entrevistadora: e você está dando aulas em duas escolas de ensino médio?

Clara: então uma é particular mais é conteúdo de ensino médio não é preparatório é mais... é... digo assim ah aluno está em recuperação vai fazer uma aula quer reforçar para alguma prova

Entrevistadora: entendi

Clara: é assim... e na outra é ensino médio mais o pré-vestibular o vestibular o ensino médio eu tive mais dúvida é aula auxiliar então ainda não estou assim tão realizada porque eu não tenho aquela preparação de aula que eu posso fazer aula diferente essas escolas é mais... apesar dessa outra escola do ensino médio eu sou dou mais eu reforço o que o professor então eu não tenho aquela preparação vou fazer algo diferente né vou propor uma atividade diferente ainda não tenho esse poder assim que é o que acho mais me interessa.

Entrevistadora: calma

Clara: não tudo bem ((risos)) eu tenho paciência... não mas tudo bem eu entendo né mas assim o que eu quero que eu vejo que a maioria do pessoal daqui da licenciatura tá indo mais na área de cursinho pela parte financeira mesmo mais assim pela aquela mesma coisa é só formula não entendem muito conceito e outras né e outras coisas além disso né

Entrevistadora: e como é que você ficou sabendo do PIBID?

Clara: é então já fazia iniciação com o professor Marcelo desde 2011 fui fazer intercâmbio e aí ele falou no PIBID mas eu já tinha ouvido falar porque na UFSCAR tem bastante curso de licenciatura então já tinha ouvido falar do PIBID conhecia e também tem o da matemática aqui

Entrevistadora: você sabia que era um projeto de docência?

Clara: sim sabia que estava relacionada que a gente ia pra escola mas não só sabia como que ia funcionar porque acho que cada PIBID... o da matemática tem suas especificações as vezes um pouco diferentes né eles vão mais dar reforço a gente está propondo uma atividade

Entrevistadora: e você entrou no PIBID quando qual foi sua participação desde quando e o que você fez?

Clara: entrei no começo desse ano e desde então a gente já começou construir as atividades do experimento de Young a parte do Rutherford que ele fez no outro ano eu participei quando ele começou a pensar que a gente fez uns vídeos né::::: a gente fez eu fiz do efeito fotoelétrico fiz do Rutherford todo relacionado com a parte de moderna... e ai esse ano então a gente propôs atividades e fui praticamente menos quase todos os dias nas escolas não sei só faltou um dia que eu não fui mais na constituição das atividades assim achei que foi legal assim que é::: ver então tem uma grande diferença entre eu e as meninas porque eu estou no último ano né então eu sinto que se eu tivesse no ano que elas estão é::: eu teria a mesma dificuldade porque ano passado quando eu comecei na iniciação eu não sabia nada de moderna ai eu comecei depois...depois de um tempo caminhar junto a disciplina

Entrevistadora: você acha que ajudou Leticia?

Clara: eu acho que sim porque tinha coisa que eu... tinha alguns termos que eu via na sala que já tinha visto aqui principalmente a parte de história... experimento acho que faz muito sentido

Entrevistadora: quase todo mundo comentou que você ajudou muito... que elas tiraram muita dúvida com você e tal... então eu ia perguntar qual a sua experiência já teve a disciplina qual que foi a disciplina que teve?

Clara: então eu fiz a metade dela por causa do intercâmbio e vou terminar agora ela

Entrevistadora: como é que ela chama?

Clara: estrutura da matéria

Entrevistadora: estrutura 1 né?

Clara: isso

Entrevistadora: muita matemática... como é que é a disciplina?

Clara: então o professor ele ate usou um livro que eu ate peguei pra ajudar

Entrevistadora: qual o livro você lembra?

Clara: eu não lembro mas é que ele é muito voltado na história mesmo

Entrevistadora: é um livro de capa azul?

Clara: isso exatamente...esse

Entrevistadora: Eisberg e Resnick

Clara: é não lembro não sei

Entrevistadora: é um livro de capa azul.

Clara: e ai o professor usava na disciplina e eu comecei ajudar pra na iniciação pra gente fazer os vídeos e eu não vi tudo mas tudo o que vi né... por exemplo essa parte do efeito fotoelétrico eu já tinha trabalhado então só essa parte da relatividade essa outra parte eu não vi

Entrevistadora: o experimento de dupla fenda você viu?

Clara: vi...também a gente trabalhou cinética dos ga::::ses

Entrevistadora: o átomo de bohr

Clara: é:::: eu lembro que é:::: tinha corpo negro Rayleigh Jeans... ah essas coisas mesmo mais o professor por exemplo ele cobrava na prova hummm como chegava por exemplo na fórmula da energia cinética média então você tinha que fazer as integrais tudo ele era bem matemático agora esse ano mudou o professor e ele é mais voltado na história e mais conceitual ele é mais conceitual acho mais interessante acho importante a gente saber como chegou mas cobrar isso na prova já... algumas coisas acho interessante até eu lembro que caiu na minha prova e eu achei legal galera não gostou mais era explicar aquela teoria do tempo mínimo de Fermat e ai gente conseguiria explicar como que dava a refração né

Entrevistadora: e esse foi o primeiro contato que você teve com física moderna... no curso?

Clara: sim

Entrevistadora: no ultimo período?

Clara: eu acho pouco eu acho ruim porque a maioria das pessoas que estão entrando aqui não viram no ensino médio eu por exemplo não vi

Entrevistadora: não viu... você não tinha lido nada sobre física moderna foi o primeiro contato no último período uma disciplina?

Clara: então eu fiz cursinho...mas o que eu lembro de ter visto no cursinho era relatividade tempo...os gêmeos

Entrevistadora: você acha essa disciplina importante essa matéria importante?

Clara: eu acho... eu acho porque... se está tendo ocorrendo essa atualizando do currículo e ela vai entrar eu acho importante mas assim... mas talvez não só com a parte de física moderna a maioria das disciplinas de física eu acho que tinha que ser diferente... é... não sei porque depende muito do professor mas deveria ficar um pouco claro que é diferente do bacharelado né... então a parte teórica é muito importante pra gente e o que a gente vê é aplicação de fórmula né então a gente é muita conta, conta... e... e... no intercâmbio eu senti muita dificuldade que os professores... eu fiz uma disciplina que didática da física e a gente tinha que propor atividades e aí na hora de falar ele falou não quero que você explique com fórmulas quero que você explique com teoria e eu me senti incapacitada de responder não sabia a teoria... só sei fórmula só pensava na fórmula e ele mas que significa o conceito né de capacidade térmica... aí eu ficava não sei na fórmula pra mim faz sentido e é o que eu sinto mais falta na faculdade então eu estou aprendendo com a prática... que os alunos perguntam muitas coisas e a gente tem que...

Entrevistadora: e você acha importante esses alunos do ensino médio terem conhecimento desses conceitos de física quântica?

Clara: com certeza eu acho que sim é... é... além de não que seja uma atualização da ciência também né... mas que já faz muitos anos né e é algo

Entrevistadora: a pesquisa já aponta pra isso já tem um tempo né

Clara: e então... é algo até já antigo... e eu acho que é muito importante a gente tem muitas aplicações os alunos tem que ter direito de saber tudo assim como todas as disciplinas vão influir na história principalmente né a língua portuguesa tem que... com essa... eles tem que ter esse contato algo novo entre aspas

Entrevistadora: agora o problema é que a gente não sabe como que faz isso

Clara: é eu acho que essa transposição didática que é um [fator que]

Entrevistadora: [porque será] por que será que a gente não consegue fazer isso? você tem alguma ideia disso? por que? alguma coisa te diz por que será que a gente não consegue

Clara: eu acho que a gente tem até um certo receio as vezes de ser... algo não novo mas assim... nem confuso de parecer pelo menos confuso tanto que na iniciação a gente trabalhou na formação de professores né não tinha ido ainda para os alunos e é o que mais eles tem medo da formação matemática ser muito complexa eles não estão preparado eu tenho medo eu tinha medo de dar aula de física moderna por exemplo agora com esse contato com o PIBID que é o mais importante né... que a gente tá testando né enfim e tá vendo o que está bom o que está sendo ruim... a gente mesmo tem dificuldades a gente foi propor as atividades as meninas ficaram com muito medo por exemplo de falar do observador elas não sabiam claro umas estão no primeiro pra você ver que elas nem no ensino médio ouviram falar dessas coisas então

Entrevistadora: e o que você acha dos professores que estão formando agora tem mais capacidade pra ensinar física moderna ou os mais experientes? você acha que faz alguma diferença?

Clara: então eu acho que o pessoal da licenciatura aqui não tem contato aqui com o PIBID ou com essas informações não estão pensando em dar aula de física moderna... quem faz o estágio de física com o Marcelo sempre tá ali as pessoas como assim eu não vou dar aula disso né que a gente propôs um minicurso ano passado... as pessoas ficaram irritadas assim porque elas não viram e na faculdade ainda estavam vendo e tão complexo fala não você não vai ensinar pra um aluno então eles ainda não tem essa mente aberta pra isso então acho que é importante que o professor está colocando isso no estágio

Entrevistadora: e os professores mais experientes você acha que eles tem?

Clara: olha não sei porque... eu não sei porque eu não sei como... a faculdade deles como que foi... como eu nunca vi eu não sei... eu não sei dizer se os professores estão capacitados mas como a gente viu nos minicursos que a gente... é nos cursos que deram para os professores né eles... tanto que quando abriu a inscrição eu não estava... eu me inscrevi também eram tipo poucas vagas e foi sei lá cinco vezes mais as pessoas que inscreveram porque eles estão não sabem parece que eles não viram isso na faculdade e eu não sei ou não sabem ensinar também eles tem um certo receio mesmo e não se sentem preparados eles falaram eu não sou eficaz para aplicar algo assim mas é porque se a gente for procurar plano de aula... alguma coisa assim a gente acha de tudo e parece que ainda não tem uma sequência preparada igual a gente tá propondo agora mas não tem essa sequência se a gente for pesquisar alguma coisa então

Entrevistadora: então não tem nada... não consegue

Clara: entendeu então por isso que eu acho importante essa sequência porque os professores tem contato também

Entrevistadora: e você consegue estabelecer alguma relação da sua formação com a sua capacidade de implementar esses conteúdos no ensino médio de física moderna?

Clara: da minha formação... como assim

Entrevistadora: é dos conteúdos que você teve aqui você consegue estabelecer alguma relação foi uma matéria né uma disciplina

Clara: não com certeza e:::: ter essa oportunidade de se preparar muito mais do que... é quando você é professora é claro eu tenho que preparar o plano de aula enfim mas eu já estou tendo a oportunidade de aplicar e refazer e ver o que é bom esse ponto ah:::: como a forma de aplicar enfim e aprender isso na prática lá no dia é uma coisa que eu vou marcar pra sempre na vida deles né... então e ficar testando eles e infelizmente é o que realmente acontece... em formação de professores eu vejo todo mundo se forma e aprende com a prática e a essa eu estou que estou tendo essa oportunidade principalmente com um tema que não é muito

Entrevistadora: e o que você acha que o professor de física precisa saber e o que ele precisa saber fazer pra dar uma boa aula de física?

Clara: mas por exemplo eu dou um exemplo que eu tenho dois amigos por exemplo que prestaram concurso públicos para professor de universidade só um exemplo ah::: eles por exemplo estão no mestrado o outro acabou de se formar mas não exigia muito mas estavam concorrendo com pós-doc mas acontece que eles já deram aula ou deram monitoria ou alguma coisa tem uma didática em sala de aula sabem se organizar sabe... tem uma sequência e eles acabaram sendo contratados e não os pós-docs porque eles não tinha didática nenhuma não sabiam falar não sabia... então acho que tem uma grande diferença entre você saber tudo e saber dar uma aula saber expor ensinar é bem diferente

Entrevistadora: e o que você achou dessa experiência do PIBID? queria que você fosse seja bem crítica aí nessa hora com a física quântica nas escolas na maneira tradicional o que você achou?

Clara: então eu fico um pouco preocupada de verdade assim eu acho muito interessante está sendo muito legal mas ao mesmo tempo eu fico preocupada porque... eu me preocupo o que que as escolas estão precisando pode ser até um lado negativo pra mim sabe tipo eu vejo os dois lados mesmo

Entrevistadora: é tem que olhar para os dois lados

Clara: é não é tudo mil maravilhas nem a gente vê que as escolas talvez estão necessitando muito mais disso eu não sei se é o professor se é a escola os alunos não sabem eu vejo como eu dou muita monitoria assim tem uma dificuldade não sei eles não conseguem ver... não só... a formação matemática é algo que todo mundo já sabe não sabem nem fazer uma regra de três não sabem montar uma conta então se é problema da escola se os professores não mudam acho que é um todo mesmo e aí é legal a gente chegar com uma coisa nova e eles ficarem estimulados excitados com uma coisa é algo diferente que parece muito mais tecnológico... é o que tá mais próximo deles agora por um outro lado talvez eles precisam algo mais fundamental ao mesmo tempo sabe... então eu me preocupo com isso eu estou dando algo tão novo e eles talvez precisem de um mais fundamental mas ao

mesmo tempo isso pode ajudar eles querer entender o mais fundamental assim... as vezes eu fico assim nossa gente

Entrevistadora: essa é a relação com a escola e com as colegas do PIBID o que você acha?

Clara: é pra eles... assim... principalmente para as meninas né que estão no primeiro ano elas sentem muita dificuldade assim... mas quem tá com boa vontade eu acho que vai ser muito importante vai eu acho que vai perceber a importância disso agora um pouco mais pra frente talvez agora não vê... fica nada a ver estudar isso agora eu nem sei... mas é porque elas não sabem o conteúdo enfim talvez elas vejam a importância disso um pouco mais a frente

Entrevistadora: e a relação com o Marcelo o que você acha dele como orientador aí desse projeto?

Clara: bom é::::: eu acho assim ele é... é... o professor assim... ele dá orientação mas não sei se ele tem essa consciência das meninas mas por exemplo das meninas tem essa dificuldade é::::: só que eu acho que ao mesmo tempo ele tem que tomar as atitudes que ele tem porque as meninas tem que correr atrás e é uma coisa que as meninas ainda como elas estão no primeiro ano elas não tem e ficam esperando é o orientador que tem que dar tudo entendeu elas não tem essa capacidade de correr atrás antes eu vou atrás se você não falar ó tu lê esse livro essa página e aprende isso elas não vão atrás... então eu via que a minha iniciação eu fiz com outra menina que ela participou do começo do pibid mas ela se formou ano passado a gente corria muito atrás lia livro pegava... eu falava pras meninas vão pegar livro assim se eu não falasse assim então elas ficam irritadas o professor não falou nada mas ué elas ficam esperando isso dele entendeu mas eu... acho que... quanto mais eu estou com ele mais eu respeito assim as atitudes... antes eu ficava irritada com algumas coisa mas não é possível que ele está me pedindo isso já chorei mas é porque ele... eu acho que a intenção dele é boa sabe eu já chorei de assim escrever querer escrever alguma coisa e ele não está bom mas eu me esforcei tan::to aqui mas não está bom de verdade agora que eu tenho essa consciência mas antes eu ficava como assim é

Entrevistadora: é sofrido ((risos))

Clara: é tenso mas hoje assim eu respeito muito mais assim porque acho além disso... além das intenções dele ele eu acho deve ter uma pressão gigante atrás dele entendeu ele...

Entrevistadora: de resultado de ter algo

Clara: de resultado de ter algo então se ele tá cobrando é bom porque se eu for seguir a área acadêmica por exemplo não vai ser diferente ou vai ser pior então se ele tá preparando para uma área acadêmica o professor acho que pra mim tá sendo... vai ser

Entrevistadora: ele tem certeza que você vai pra área acadêmica ele já falou

Clara: bom... enfim não sei ainda por que ele vai embora eu não me inscrevi né nos projetos ainda em nada... ele assim porque pra mim a maior dificuldade é que antes de trabalhar na iniciação eu trabalhei em muitas áreas sabe me apaixono por muitas coisas é difícil eu me focar em alguma coisa claro a formação de professores é muito legal a física moderna mas como eu acho que... pelo que eu tenho visto que tem outros professores trabalhando nisso mas ele vai embora então

Entrevistadora: mas ele vai ficar um ano só Leticia... eu também estou aqui no mesmo barco

Clara: então mas acontece que eu por exemplo teria que prestar o mestrado agora teria que ter escrito meu projeto enfim eu não sei eu tenho uma impressão ainda que... é em São Paulo parece que é mas não é só eu... eu tenho uma filha eu tenho que mudar com minha filha tem que

Entrevistadora: não mas pode ficar aqui

Clara: então eu não sei não consegui... não é porque as disciplinas são lá

Entrevistadora: mas eu acho que você pode conseguir ficar aqui

Clara: mas tem aqui?

Entrevistadora: é livre as disciplinas são livres tem que olhar isso com calma

Clara: sério? é porque eu tenho dois exemplos que ele orientou que eles tinha que ir pra lá e minha vida é assim eu me ocupo o tempo todo tem um monte de coisa mas tem aquele horário que tem que buscar a minha filha na creche eu tenho que [ficar com ela entendeu]

Entrevistadora: [ficar com ela]

Clara: então eu tô presando muito até de... da criação dela de estar com ela e eu assim tenho a minha sogra é de são Paulo mas ela mora na zona leste não dá pra eu morar com... é a mesma coisa que eu morar aqui é muito longe... aí eu conversei... eu já tinha conversado com ele fiquei muito empolgada porque ele foi pra Harvard achei demais assim e depois do intercâmbio eu achei que eu devia mais assim além... conhecer outras coisas eu acho que isso acrescenta demais a experiência de Portugal tanto que ele falou assim certeza Portugal quebrado em crise enfim mas foi muito legal ter contato com outras perspectivas do sabe ensino... nossa assim eu fiz disciplinas até com o nomes parecidos com os daqui mas não tinha nada a ver... então me acrescentou eu fiz algo que eu acho que foi bem legal foi essa didática da física a gente propunha atividades essas coisa de busca me ajudou muito pra fazer a iniciação eu fui assim (Inaudível) o professor me elogiou muito eu fui melhor aluna melhor nota da disciplina e teve outros brasileiros que estavam lá do ciências sem fronteiras então por exemplo do mato grosso do paraná eles tinha muita dificuldade... muita muita:: de conceito de e:: eles não tinha disciplinas pedagógicas eu falei assim vocês fazem licenciatura em física?... licenciatura em física mas o que você já teve pedagogia? ah a gente já teve uma disciplina de como fazer slides... vocês nunca viram Vygotsky? nada? nunca viram nada entendeu... eu assim fiquei feliz por parte de pensar que o nosso curso era o melhor... eu virei é o pessoal do paraná eu falei vocês pra mim fazem bacharelado... o pessoal da federal do mato grosso não... aí não lembro agora qual é... nossa eles assim até me envergonharam porque a gente aprendeu na didática que tem que fazer plano de aula... a gente pegava por exemplo igual os parâmetros curriculares aí o professor perguntava no brasil como é essa ordem porque lá eles começam a ter sabe o nosso fundamental dois lá é o ciclo dois eles começam a ter já a disciplina física separada né... física e química tanto que o professor lá se forma em física e química né... e como que é né a ordem enfim e é um ensino de ciclos então você dá leis de newton desde a sétima série sétimo ano lá

Entrevistadora: muito legal

Clara: é muito mui::to legal e então ele pediu pra fazer uma planificação de nono ano e na minha área leis de newton era a parte em trânsito então tinha né movimento cinemática e dinâmica... aí eu falei até quando eu vou me aprofundar vou dar tudo? até então era eu tinha essa dificuldade e eles não sabiam o que era parâmetros curriculares diretriz nada não sabiam nada nada... então e muita coisa assim acho que era essencialmente (inaudível) e as disciplinas pedagógicas... eles não sabiam nada então eu fiquei muito feliz... ah e fiz uma disciplina que era aplicações interdisciplinares de física que a gente pegava fórmulas pra aplicar por exemplo na energia renovável é é:: sei lá a gente estudou o corpo humano com fórmulas de física e outra que foi bem legal e que ajudou bastante hoje a gente estar fazendo o pôster eu fiz uma que era::: multimídia e educação científica então eu conheci bastante né ah::: material assim pra usar em sala de aula com os (inaudível) e aí eles usavam o sistema moodle e faziam muitas discussões se tinha que responder os fóruns sobre essas ah a gente sabe ah legal vou colocar os (inaudível) muito legal mas fazia discussão mas pra que quais os pontos positivos negativos mas pra que enfim a gente discutiu bastante isso foi muito legal

Entrevistadora: e sobre o “flipped” o que você acha Leticia?

Clara: olha eu acho muito legal ((risos)) ... eu acho muito interessante principalmente essa parte né... eu assim eu sou... eu penso muito no cru também a gente tem que ter lousa alguns momentos em aula tradicional... mas tem que ter tudo eu acredito na diversidade que todas as pesquisas já chegaram nessa conclusão né que não existe o certo né

Entrevistadora: o que que você acha que é uma aula invertida?

Clara: ah a aula invertida eu lembro de muitas coisas que eu já vi na faculdade alguns tópicos mais... por exemplo a professora de psicologia pedia pra gente ler um texto... antes pra discutir então é... não seria já uma sala de aula invertida mas me lembra alguma coisa

eu lembro de ler não entendi nada então que que é isso o cara falou que bola vermelha depois ensina que cadeira vermelha eu falava que que é isso e ai professora chegava falava e ia discutir sobre o texto e esclarecia tudo na minha cabeça assim... agora se ela fosse na sala de aula falar sobre aquilo pra mim parecia nossa que legal enfim parecia tudo trivial bonitinho e num é... mas o flipped acredito que tem muito além disso nossa e a gente discutiu os livros então a proposta dos caras e como tem dessa experiência de já dar aula eu sinto que realmente eles falam algo que todo mundo deve pensar o tempo é uma coisa crucial... na hora que você faz se você vai resolver um exercício na lousa e tal os alunos vão copiar não vai surgir dúvidas... vai ficar aquilo mesmo quando você vai aplicar uma prova todo mundo tira zero daí a física é num sei o que e fica nesse então eu acho que... o aluno que tem a oportunidade de ler alguma coisa e criar as dúvidas nele e... principalmente utilizando computadores que eu acho que é algo que eles conseguiram casar bastante ver um vídeo os vídeos são curtos algo que dar pra assistir em qualquer lugar tá em contato tanto que até pensei nessas possibilidades criar uma página no face assim separada do pessoal assim mas pra professor assim já veio aluno me pedir dúvida no facebook sabe já aconteceu muito disso... então acho que a gente tem que usar dessas armas porque eles estão incluídos nisso então chegar pro aluno é realmente difícil mas chegar o aluno e ficar no celular é triste então eu fico pensando que atitude eu tenho que tomar eu vou virar inimiga né então o aluno vai tentar usar o celular... ah sei lá escondido

Entrevistadora: então essa metodologia a gente vai tentar fazer o flipped vai interferir no aprendizado? as aulas vão ficar melhores? ele vai aprender mais a física quântica?

Clara: então... eu acho... e::: no vídeo no livro que a gente leu era tudo muito lindo... mas a gente eu acho que... não sei se a gente esta numa realidade igual a deles acredito que não... mas se a gente conseguir adaptar eu acho que só a gente vendo mesmo assim pode ser que sim pode ser que só o fato de ser algo diferente pode influenciar ou pode só é... estimular eles achar é legal pode ser que nem vão aprender nada mas eles achar muito legal... eu não sei.. eu acho que só coletando os dados mesmo porque não pode ser que eles nossa assistir um vídeo e antes enfim só não fazendo o flipped só da gente ter ido lá na escola mostrar o vídeo um software eles acharam legal então

Entrevistadora: o que é você acha que é uma inovação curricular Leticia? que que é sua opinião... que que é uma inovação curricular?

Clara: é bem complexo isso né [hum hum]

Entrevistadora: [aham] é uma pergunta difícil

Clara: porque eu já li muita coisa de inovação curricular... mas é bem difícil porque pode ser várias coisas as vezes porque só de inserir a física moderna já estaria inovando o currículo mas o cara poderia dar uma aula tradicional... então eu acho que é o que o professore sempre fala que eu acho que está querendo casar algo que talvez faça sentido a gente vai ver ou não inovar tanto no currículo de conteúdos como na parte didática né metodológica na sala de aula

Entrevistadora: e você acha que agora que você esta formando você esta pronta pra fazer uma inovação

Clara: acho que não ((risos)) é muito difícil porque aqui a gente tem todo o material que a gente precisa

Entrevistadora: é eles compraram os clickers né estão chegando semana que vem

Clara: pois é... é diferente entendeu a gente tem aqui... eu tenho medo de me formar perder o vínculo com a USP... mas eu preciso fazer o mestrado mas... eu acho que tipo eu estou pensando em pedir reingresso porque esperar o professor talvez não sei... pra prestar o mestrado ano que vem porque a gente tem muita facilidade aqui então... se o professor conseguisse ficar vinculado a faculdade acho que até tem agora bolsas para o professor fazer projetos eu acho que não só tecnológicos né porque a gente está pensando muito em inovação tecnologia né mas só de conseguir um material a gente tem muita dificuldade sabe... acho que nossa preparar aula é muito difícil né eu tenho muita dificuldade parece que eu não aprendi nada na faculdade eu tenho que ler pesquisar ficar olhando gente aí na hora ela sai totalmente diferente eu falo que ordem é essa que eu fiz sabe que sequência que a gente propõe alguma coisa e

Entrevistadora: é um processo difícil mesmo

Clara: então até você conseguir eu acho que também que a experiência também vai ajudar bastante

Entrevistadora: é::: não pode é ficar sempre com a mesma aula né

Clara: claro é tipo nunca consigo dar a mesma aula assim mas o que dá certo eu acabo mantendo

Entrevistadora: mantém né a gente mantém

Clara: mas nossa eu fico triste assim de estar no último ano eu falo nossa o aluno até gosta vai mas você fala não essa aula não tá boa ainda... eu demoro pra preparar muito muito não consigo pegar alguma coisa copiar e falar nossa vou dar isso nossa demoro demais::: e meu marido reclama como assim você vai preparar uma aula de uma hora e fica três

Entrevistadora: mas o processo é assim... então é isso mais alguma coisa que você queria falar... que você acha que você não falou direito

Clara: ah não sei é difícil né a gente pensa pra falar é

Entrevistadora: eu perguntei muita coisa né... falamos do PIBID da metodologia nova falamos da sua experiência

Clara: é que então é que eu falei assim de experiência eu acho que eu estou assim eu tive várias experiências

Entrevistadora: tá cheia né?

Clara: é tive varias experiências...trabalhei em museu de ciências já trabalhei também já com alunos mas outra coisa em outros projetos assim e::: mas eu acho que nunca me aprofundei... é assim o que eu mais estou me aprofundando é aqui trabalhar com física moderna mas eu acho que tem que estudar muito é que é algo muito novo

Entrevistadora: é muito novo mas é uma área da pesquisa crescente

Clara: é

Entrevistadora: só que tá esse impasse né como fazer essa coisa da física moderna

Clara: é eu acho que o que mais me estimula por exemplo você vê nos... slides que eu fiz procuro pesquisar a parte de história porque eu acho muito legal essa parte que os alunos acham que eles eram deuses né e de repente um teve insight e fez aquela coisa e é uma coisa separada e ai... e principalmente na física moderna era muito legal por exemplo a parte da dualidade onda da luz onda partícula e ai os caras estão ao mesmo tempo vendo várias coisas cada um no seu canto pesquisando e conseguem... ver que é valido a sua e a dele também e é tudo ao mesmo tempo e acontece briga eles tem vida pessoal eles tem esposa e aquelas coisas assim então eu sempre tento nem que...(inaudível) meio citar né história não é pra citar né mas essa ordem assim cronológica assim eu acho legal... de falar assim mas o cara estava lá né e ao mesmo tempo tinha isso... e o mais eu acho difícil uma coisa que eu gosto muito de física que eu gostaria é::: de implementar assim não tem nada a ver aqui mas de vida com o professor eu gosto muito de::: não sei se (inaudível) encaixar a abordagem cts sabe mas essa parte dos alunos terem os conteúdos os procedimentos mas atitude sabe porque o que eu vejo nos estágios é entrevista aluno... ai o que você acha da disciplina de física.. ai não sei porque eu tô aprendendo vou fazer direito nada a ver não sei o que...essa é a maior dificuldade se envolver então se envolver um projeto

Entrevistadora: de abordagem diferente

Clara: essa é fazer alguma abordagem em que os alunos tenham que tomar alguma atitude

Entrevistadora: é também concordo

Clara: nossa eu acho muito legal... que com a física moderna eu acho muito difícil isso

Entrevistadora: não mas é a abordagem... justificativa que eu vou dar pro meu doutorado é a abordagem cts ensinar física quântica com essa abordagem porque falar que vai se aproximar da tecnologia isso já se fala tem vinte anos né ai fica repetindo a mesma coisa

Clara: nossa eu gosto demais talvez algo simples pode estar inovando entendeu é isso que eu penso

Entrevistadora: assim se você tem domínio se você entende sobre tecnologia você vai poder decidir um advogado vai poder decidir uma causa entendeu um engenheiro vai poder optar por uma tecnologia ou outra

Clara: exatamente eu penso muito nessa parte

Entrevistadora: tem um alfabetização científica e uma atitude nessa história

Clara: então exatamente eu penso muito nessa parte não só alfabetização

Entrevistadora: porque o contato que a pessoa vai ter com a física se não for seguir uma carreira de ciências exatas é no ensino médio se a pessoa não sabe o que é um laser

Clara: é eu penso exatamente como consumidor sabe como que a pessoa vai ter um espírito é::: várias coisas mas por exemplo um consumidor como ele vai ter um espírito crítico

Entrevistadora: ela não vai ter isso consumido::::r como por exemplo de saber que ele não pode tomar tanta radiação:::: tem várias coisas

Clara: enfim eu sempre falo por exemplo na área de elétrica eu sempre falo então ah então você quer economizar na sua energia na sua casa aí o cara vem não mas compra esse aqui uma potência... e aí a pessoa não sabe que quanto maior a potência vai gastar mais energia eu então sempre penso nessas coisas assim olha como é legal a gente saber isso... então ele vai ver a potência e vai achar nossa potente... pessoa acha que é bom entendeu então eu penso nesse sentido... gosto muito dessa abordagem cts dos alunos terem atitudes né poder ter atitudes... e um termo que eu acho eu não sei aqui no brasil lá eles falam muito da literacia científica aqui eu acho que é letramento... que não é só alfabetização o aluno saber interpretar né nossa eu acho que o mais importante é saber acrescentar na literacia científica do aluno... acho que é isso

Entrevistadora: muito bom

APÊNDICE E

Entrevista final da professora Clara

Entrevistadora: primeira coisa primeira pergunta é como você se sentiu fazendo parte do projeto? seu sentimento em relação a sua participação a preparação das aulas e o envolvimento dos colegas

Clara: acho que foi muito interessante e que acrescentou muito na minha formação né eu achei interessante e a princípio por que eu estava terminando a disciplina de física moderna então eu acho que na organização do minicurso meio que complementou um ao outro e não sei acho que é isso

Entrevistadora: você acha que complementou o que da... em relação a disciplina que você assistiu? por que a disciplina você achou diferente do que você viu?

Clara: não eu acho que... não diferente mas eu acho assim as vezes tem alguns detalhes que ficam perdidos e pra fazer o minicurso eu tive que estudar bastante né principalmente do Mach-Zehnder que era uma coisa que eu não tinha visto

Entrevistadora: que não tinha visto na disciplina mas em relação ao que você viu por exemplo o efeito fotoelétrico você achou que a disciplina foi suficiente você não precisou estudar mais nada né? da dupla fenda por exemplo vamos falar da dupla fenda

Clara: o conceito foi suficiente mas como ensinar é outra coisa então eu acho que esse foi a maior importância desse minicurso né como trabalhar com física moderna no ensino médio

Entrevistadora: então você só fez a parte por que tem uma pergunta aqui em relação a preparação né... é tanto em relação a parte da metodologia quanto em relação a preparação da quântica ai você já falou em relação a preparação da quântica em relação a conteúdo você não precisou estudar muito né

Clara: não é algumas coisas sim... como ensinar é....

Entrevistadora: mas só em relação a parte de como ensinar...e em relação a metodologia?

Clara: a metodologia também né é uma coisa foi diferenciada né a gente sempre fez sempre tentou fugir do tradicional mas sempre seguiu a mesma linha né de nível de dificuldade vai tentando né sem essa participação dos alunos no máximo fazer um experimento mas nunca eles tinha essa voz ativa de ai eu acho que isso por causa daquilo e essa discussão é eu acho que foi totalmente diferente e a gente já fez vários minicursos já participei e nunca fizeram essa metodologia então também a gente teve que estudar né

Entrevistadora: você estudou por onde peer instruction?

Clara: ah pelos textos que o professor

Entrevistadora: colocava no facebook

Clara: colocava no facebook sempre eu estou tentando ler mas é... é meio difícil eu acho ((risos))

Entrevistadora: por que o que você acha difícil?

Clara: não é difícil mas é por que a gente lê é uma coisa né na hora que a gente for ver parece sempre tem alguma coisinha nossa a gente não tinha pensado nisso antes

Entrevistadora: e a parte que você participou você deu aula da dupla fenda não foi a parte da dupla fenda?

Clara: e foi na dupla fenda especificamente no Mach-Zehnder

Entrevistadora: você deu a aula também da parte da tradicional né da dupla fenda fez as duas coisas

Clara: é

Entrevistadora: na verdade você deu a parte da dupla fenda e do Mach Zehnder não foi?

Clara: foi

Entrevistadora: entendi e qual você acha que são as dificuldades a gente falou do peer instruction que você encontrou na hora de aplicar a metodologia você consegue lembrar ai quais as dificuldades você encontrou?

Clara: aham... é a princípio foi a gente faz a questão né e ai os alunos votam individualmente mas eu não sei se foi um voto não que não foi um voto individual mas na

mesma bancada as pessoas tinham as mesmas alternativas não sei se por que estavam juntos eu não sei se eles viram pra mim o que eu vi eles estavam votando individual então a gente falou assim e agora eles votaram igual a nossa intenção era que cada um votasse né de forma diferente aí quando a gente quis misturar... a minha dificuldade foi por que pelo que eu leio né do peer instruction né é... enfim foi a dificuldade que a gente viu lá que a gente deveria falar pra eles né não induzir a resposta certa mas induzir a eles a entrar em uma discussão mas eu acho que eu deveria ter falado alguns pontos mesmo eu acho que lembro de ter falado algumas coisas por que se eu não falasse eles não iam gerar a discussão eles iam falar e aí ?... eu acho que é essa... eu também hummm... ah eu não não falava o ..mas por que né então eu lia a pergunta de novo mas e tal pode ser que algum momento eu posso ter cometido algum erro por que é difícil a gente se controlar por isso eu acho que o mais difícil é isso do peer instruction na hora que a gente vai é... mediar essa discussão né que a gente só está ali para puxar eles pra discutir e aí a gente as vezes pode soltar alguma coisa enfim né igual dar a resposta certa assim não indiretamente mas então eu acho que a minha maior dificuldade foi nesse ponto

Entrevistadora: na discussão do grupo e na hora de dar aula?

Clara: ah na hora de dar aula acho que foi tranquilo assim é em relação ao conteúdo realmente era muito difícil principalmente Mach-Zehnder né dupla fenda a gente já estava mais craque já né mas o Mach-Zehnder eu... não sei eu acho que pra entender assim mas foi um pouco mais difícil ele é um pouco além assim principalmente na parte da quântica era algo visual que eles conseguiam ver né e não era tão difícil quanto eu esperava quando eu dei eu falei eu acho que fez um sentido sabe pra mim assim mas eu não sei para os alunos... mas por que era algo mais assim probabilidade não vem por aqui vem por lá então eu acho que nesse ponto

Entrevistadora: mas você acha que essa aula transformou a sala de aula ou que era só apenas uma aula diferente da aula tradicional?

Clara: como assim transformou?

Entrevistadora: você acha que ela é... por exemplo que a gente ensinou uma coisa difícil que igual você falou né física quântica mas você acha que se a gente tivesse usado a aula tradicional igual a gente fez com o Mach Zehnder e usado o peer instruction foi diferente ou simplesmente ou realmente a gente fez alguma coisa que mudou a forma de ensinar

Clara: é eu acho que sim por que se fosse tradicional eles não iam participar nada assim né não iam falar nada... não iam opinar em nada então se eles tivessem alguma dúvida sobre alguma questão relacionada aquilo eles iam levar pra casa agora com o peer instruction eles tinham oportunidade de a gente questionar eles responderem e se eles tivessem errado a gente poderia né.... saber o mais legal é poder mapear essa dúvidas

Entrevistadora: na hora que você vai pra bancada você consegue ver isso

Clara: é e se fosse fazer uma aula tradicional a gente não ia saber de cada ponto quem é deu cada alternativa quem tem a dificuldade naquilo por que por mais que sejam duas alternativas erradas eram dúvidas diferentes entendeu então aí eu fiz a B a D e não era a certa mas ele tinha a convicção que era a B e a outra a D então eram dúvidas diferentes então eu acho que dá pra fazer esse negócio bem... uma coisa bem direcionada pra cada dúvida né

Entrevistadora: e você acha mais fácil para o professor preparar a aula tradicional ou a aula "flippada" a aula invertida?

Clara: a aula invertida é mais difícil

Entrevistadora: mais difícil né

Clara: a tradicional você pega um livro e vomita né a aula... você simplesmente fala o aluno não vai te questionar isso é mais fácil você fica né no seu conforto né então se você mesmo tem uma dúvida vai passar batido... então é mais difícil por que as vezes a dúvida do aluno ele é tão convincente que é aquilo que é difícil você... falar que ele não é que ele está errado entre aspas né então é mais difícil você tem que estar bem preparado pra todas as dúvidas né

Entrevistadora: e que que você acha dessa discussão entre os alunos né entre os colegas você acha importante na aula os testes qual que você acha que é a função dos testes sem os testes a aula conseguira ser invertida?

Clara: não é... principalmente na parte instrução dos pares eu acho que

Entrevistadora: entre colegas

Clara: entre colegas eu acho que é o principal foco eu acho que é muito importante que eu já trabalhei como monitora e aí você fala vamos fazer exercícios né lista de exercícios e essa discussão entre os alunos ah mas esse ponto que ah não sei eu não sei o motivo por que faz tanta diferença um amigo falar pro outro mas faz e eu percebi isso sempre fui monitora há um ano e os alunos falavam nossa na sala eu não entendo o que o professor fala mas quando a gente está aqui na monitoria que tem uma discussão a gente está fazendo exercício que surge a dúvida eles entendiam então eu acho não posso comparar com o peer instruction mas parte né da instrução por colegas eu acho que é o diferencial assim que faz muita diferença visível eu já senti isso na pele eu já percebi que eles falavam ah na sala de aula o professor fala eu não entendo mas quando um amigo fala ou a gente está numa roda numa discussão que é o que a gente fazia na monitoria eles entendiam e um outro chamava atenção do outro né então eu acho que... e aí eu acho que o concept test é... são pontos chaves né pra entender o todo então

Entrevistadora: é ele tem duas funções né pra você entender e pra tornar a aula mais interativa... e outra coisa é quais são as suas dificuldades Clara pra aprender Física Quântica e pra estudar quais foram por que você fez as duas coisas né ninguém fez a disciplina só você então... que dificuldade você enfrentou aí pra estudar e pra aprender Física Quântica

Clara: é eu acho que é difícil a gente sair é mesmo esse negócio de sair viu da física clássica e ir pra física quântica tirar o pé do chão né por que é algo que a gente não vê e por isso que é tão difícil da gente estudar né é algo que a gente não vê fica tão mais palpável quando a gente ah estou vendo isso acontecer né eu vou... ali no laboratório tiro umas medidas assim né eu até fiz o laboratório de moderna estou terminando que é muito difícil é assim as vezes os dados não são difícil de tirar mas a explicação é claro faz muito sentido na hora que você explica entende mas é difícil entrar na cabeça assim eu acho que quando eu acabo entendendo principalmente laboratório me ajudou muito a disciplina foi bem conceitual né a primeira parte da disciplina eu fiz com um professor e foi bem formalismo matemático de provar todas as fórmulas mesmo agora esse professor que eu fiz ele se preocupou com conceito ele falou olha acho que vocês não precisam provar fórmulas pra que provar fórmulas e aí então ele pegou muito no conceito e eu achei legal por que muitos exemplos deles é sobre... eu as vezes eu perguntava alguma coisa olha eu não estou entendendo o que que é essa... ah esqueci é... de contorno... condições de contorno eu falava não estou entendendo aí ele deu um exemplo super fácil aí imagina essa parede tem uma bolinha a gente não pode imaginar essa bolinha depois da parede então a parede não é uma coisa... então ele sempre tentava fazer esses exemplos assim então é eu acho que a disciplina me ajudou muito nessa parte conceitual e o laboratório de ver tirar os dados e explicar a realidade assim então mas é bem difícil mesmo

Entrevistadora: você acha que esse aluno que a gente pegou de primeiro ano que não sabia nada não tinha física ondulatória é capaz de aprender física quântica?

Clara: acho que sim por que a gente viu né o resultados né de eles estavam discutindo e de repente você falava uma coisa e ele entendeu né então a gente via então por isso que foi importante essa parte da discussão a gente ter a oportunidade de ver alunos falando sobre um assunto que as pessoas ah::: não física moderna ensino médio primeiro ano imagina né então... né de as pessoas acham que ele não tem capacidade não sei pela idade então eu acho que a gente conseguiu ver então foi

Entrevistadora: e o que você achou se você fosse comparar você deu a aula tradicional e deu a aula usando o peer instruction o que você achou qual a aula que você achou melhor o que você achou diferente aí das duas aulas

Clara: é foi diferente né por que é assim né não é falar melhor pior é complicado por que a tradicional né eu me senti mais a vontade e né que eu dei na parte do estágio né... foi

tradicional a aula mas eu me senti mais a vontade não sei se por que eu estava lá voz ativa falando e tal e achando que todo mundo estava entendendo e então assim eu me senti melhor... agora no peer instruction né eu vi a diferença de ser uma aula diferente só que não sei eu fiquei com receio de estar fazendo errado eu fiquei um pouco nervosa quanto a isso mas é por que é uma metodologia diferente e que... já estava ensinando moderna né e que a gente tinha que ter os conceitos bem consolidados né e aí eu poderia ser testada a todo momento então dá um certo medo principalmente os alunos não estar entendendo nada né então a gente ficava com o pé atrás e por isso deixou um pouco nervosa mas

Entrevistadora: então você acha que foi melhor que na aula tradicional

Clara: é eu acho que sim eu acho que um pouco mais por que... por que eu já estou acostumada né

Entrevistadora: e dos alunos e dos outros colegas do pibid o que você viu? você viu né bastante? você acha que foi igual as meninas?

Clara: ah eu acho que do efeito fotoelétrico não sei deu muito certo não sei se o tema era mais... não sei foi diferente efeito fotoelétrico é um tema muito legal

Entrevistadora: você não acha nada do desempenho dos alunos das meninas que deram aula? foi igual na parte da

Clara: então como assim?

Entrevistadora: que elas deram não por exemplo assim Letícia Fernandes deu a parte da aula tradicional e a parte da quântica e ela tem um comportamento completamente diferente

Clara: ah mas eu não sei não sei falar se ela estava se sentindo bem por fora eu olhei ela pra mim ela estava ótima achei que foi muito bom a postura e tudo souberam foi muito legal eles em cada bancada em todos os momentos então é é que assim né foi minicurso tinha bastante gente é a gente não sabe como e isso em uma sala de aula é você sozinho

Entrevistadora: tem uma pergunta aqui que a gente fala assim você acha que seria capaz de preparar uma aula invertida sozinha?

Clara: eu acho bem difícil

Entrevistadora: então eu acho que isso é um processo de grupo né de comunidade assim

Clara: então é exatamente então eu acho que principalmente pensando mesmo você dentro de uma escola teria que ser por exemplo o pessoal da área né ou professores que trabalham juntos pra poder fazer esse tipo... é difícil eu acho que é difícil fazer sozinho mesmo não sei se é algo novo que né então... olha quanta coisa a gente teve que correr atrás né fazer... enfim foi tudo em conjunto então fazer sozinho pode ser que agora fique mais fácil né por que a gente já sabe os passos né mas a princípio é difícil principalmente eu acho que pensar nos testes... qual que são os pontos principais de cada eu sei existem vários testes validados de pesquisa mas é um trabalho

Entrevistadora: mas por exemplo você que já está dando aula assim se por exemplo hoje você falasse assim semestre que vem você tem essa turma pra você dar aula você está contratada e tal você vai dar o mesmo tipo de aula que você dava antes ou esse trabalho influenciou alguma coisa

Clara: ah eu acho que influenciou com certeza por que eu assim eu sou dou aula mais particular e em cursinho mas aí eu comecei a substituir um professor ele estava quase saindo de uma escola só que ele já me passava tudo eu quero que você faz isso isso isso eu falava que eu não me sentia bem eu falava professor eu não estou entendendo nada juro eu saía de lá tipo podre assim tipo de triste sabe na monitoria os alunos me adoram e aqui eles estão me odiando eu estava me tornando o professor que eu odiava e foi e aí.. e aí então a gente sempre comparando o que estava acontecendo aqui e lá e eu falava meu eu não quero ensinar desse jeito chegar e vomitar e falar olha isso agora a gente vai fazer esse exercício pra passar no vestibular então ((risos)) péssimo né então realmente serviu de comparação foi quase na mesma época eu falava não quero dar aula desse jeito por que eu dei o que ele pediu mas eu dei da forma tradicional cheguei e falei ó tem isso é assim sem muita discussão os alunos olhando pra minha cara assim né então olha não adianta por mais que eu perguntava né é diferente eles os alunos ohhh não sei não tem esse estímulo forte assim igual... ah vão responder pergunta depois assim não sei parece que os alunos não empolgam mais assim quando tem essas perguntas já forçadas certas no ponto chave

né e aí onde pode surgir as dúvidas então aí o que aconteceu eu dei aula e depois foram na monitoria tirar dúvida ((risos))

Entrevistadora: e em relação na primeira entrevista que a gente fez você falou que as alunas estavam com muita dificuldade não sei o que o que você achou dessa segunda parte

Clara: ah eu acho que teve uma reviravolta

Entrevistadora: Por que?

Clara: eu não sei olha não sei se foi pressão mas eu acho que o pessoal do efeito fotoelétrico estudou muito eles correram atrás por que eles viram a dificuldade que eles estavam tendo eles me procuraram até pra entender até fórmula que eles falaram o que é esse v que o " n_i " né... então é simples né conservação de energia e... então eles estavam muito focados foi um grupo bem unido então eu acho que daquela primeira entrevista pra essa mudou completamente principalmente alunos do primeiro ano então eu acho que eles nossa foi um grupo muito legal

Entrevistadora: o efeito estava na aula foi muito legal

Clara: foi muito legal

Entrevistadora: e o seu grupo?

Clara: o meu grupo não tirando a Daniela mas a Daniela ficou com uma parte dela né que era o livro agora o resto não

Entrevistadora: mas o que mudou você acha além disso do grupo ser unido deles estarem estudando? por que assim o trabalho foi dobrado além de eu preparar alunos que nunca tiveram estudado a gente fez uma inovação curricular a gente teve que preparar professores que nunca tinha estudado... tem uma pergunta que eu não fiz pra você mas eu fiz pra eles vocês aprenderam física quântica de uma forma não tradicional vocês não tiveram a disciplina vocês acham que vocês aprenderam mais ou menos né?

Clara: é com certeza eu acho que aprenderam mais por que disciplina é uma coisa as vezes que gente leva

Entrevistadora: eu também acho que aprenderam mais eles acham que não acham que aprenderam a mesma coisa ((risos))

Clara: é? eu acho que a disciplina... por que eu acho talvez eles não fizeram né... a disciplina a gente vai levando alguns pontos a gente esquece ver ah tá fez a prova e tchau esqueceu né e eu acho que isso com certeza eles não vão esquecer por que eles deram o curso eles tiveram que ensinar então é uma grande diferença por que pra mim eu vejo a parte ondulatória né principalmente em ensino médio tirando esses cursinhos assim... é batido ondulatória é batido é tipo último ano aí não dá tempo aí não deu... então aí os professores não dão muito.. tem dificuldades de como dar enfim já não vão dar algo muito né então eu acho assim eu acho que eu já tenho se eu for dar uma aula disso eu tenho é certeza que eu tenho além né várias possibilidades de como né trabalhar isso mais eu acho que o conceito tá mais firme assim eu acho que talvez eles não tenha essa dimensão por que eles nunca deram aula você vê na faculdade aí eu via e na hora que eu ia dar aula eu falava gente eu acho que eu não sei nada mas é que eu não sei passar então a gente não aprendi isso na faculdade como passar então quando você já deu um curso é totalmente diferente você sabe como passar uma possibilidade e aí o conceito fica diferente não tem nada haver você estudar pra disciplina e fazer a prova e depois dar uma aula nada a ver

Entrevistadora: então você acha que essa é a coisa mais importante que ficou aí do projeto pibid pra vocês? por que vocês tiveram que ir pra sala dar aula

Clara: exato

Entrevistadora: você já fez outro projetos de pesquisa o que você acha que é o mais importante desse projeto pibid ?

Clara: então é dar essa oportunidade pro pessoal dar aula aqui eu acho que é uma das falhas do curso mas a gente tem essa oportunidade... que você vai ter só a oportunidade de dar um minicurso no estágio e quem não dá aula vai só deixar pro último ano você chega e fala assim ah eu sei o conceito mas você não sabe dar aula então é o que todo mundo fala pode conversar com todo mundo que fez a licenciatura na hora que vai dar aula parece que não sabe nada não adianta nada agente ter o conceito então dar essa oportunidade né principalmente pibid né é esse né pibid projeto de iniciação a docência.. eu acho que é o

ponto mais importante é você já ter esse contato com a sala de aula e principalmente a gente fazendo uma metodologia diferente então ele já não chegar com a tradicional então quando ele foi ele já vai ter essa visão nossa por que quando eu fiz minicurso não foi assim e aí eu vou dar uma aula tradicional mas ele vai se sentir mal por que ele vai preparar o conteúdo vai passar e não é a mesma coisa então até o fato deles aí testar trabalhando e querendo estudar e querendo ver coisas diferentes vai com certeza vai influenciar se eles forem dar aula que é um diferencial... é isso