

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

JULIANA ROSA ALVES BORGES

**O DESENVOLVIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA POR
INVESTIGAÇÃO**

UBERLÂNDIA

2020

JULIANA ROSA ALVES BORGES

**O DESENVOLVIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA POR
INVESTIGAÇÃO**

Texto apresentado à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título de Mestra em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Sandro Rogério Vargas Ustra

UBERLÂNDIA

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B732 Borges, Juliana Rosa Alves, 1976-
2020 O desenvolvimento da argumentação no ensino de física por
investigação [recurso eletrônico] / Juliana Rosa Alves Borges. -
2020.

Orientador: Sandro Rogério Vargas Ustra.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Educação.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.553>
Inclui bibliografia.

1. Educação. I. Ustra, Sandro Rogério Vargas, 1969-, (Orient.).
II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em
Educação. III. Título.

CDU: 37

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Educação			
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 20/2020/730, PPGED			
Data:	Vinte e dois de julho de dois mil e vinte	Hora de início:	9h	Hora de encerramento:
Matrícula do Discente:	11812EDU020			
Nome do Discente:	JULIANA ROSA ALVES BORGES			
Título do Trabalho:	"O DESENVOLVIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO".			
Área de concentração:	Educação			
Linha de pesquisa:	Educação em Ciências e Matemática			
Projeto de Pesquisa de vinculação:	"Estratégias de ensino e concepções de aprendizagem nas práticas de professores de Física"			

Reuniu-se, via sala virtual pública (meet.google.com/phw-iqdi-ufb), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Educação, assim composta: Professores Doutores: Luiz Clement - UDESC; Eduardo Kojy Takahashi - UFU e Sandro Rogério Vargas Ustra - UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Sandro Rogério Vargas Ustra, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

[Aprovado\(a\).](#)

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Sandro Rogerio Vargas Ustra, Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/07/2020, às 13:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Clement, Usuário Externo**, em 22/07/2020, às 13:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Kojy Takahashi, Usuário Externo**, em 22/07/2020, às 14:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2148542 e o código CRC 19DB23AB.

Dedico àqueles alunos que despertam em mim
o desejo de ser melhor...

AGRADECIMENTOS

Há momentos em nossa existência que o mundo parece desabar sobre nós. Quando me ingresssei no PPGED/UFU eu estava a passar por um destes. Agradeço a Deus a oportunidade de tamanho crescimento pessoal e profissional. Quando eu não conseguia acreditar em mim mesma, Ele em sua tamanha perfeição me agraciou no convívio com pessoas maravilhosas com quem aprendi muito.

Ao meu orientador professor Sandro, agradeço pelo companheirismo, paciência, direcionamento e amizade. Por me intrigar com seus questionamentos e me levar a um patamar de conhecimento que possibilitou a execução deste estudo. Pela troca de experiências, sugestões de leitura e horas de estudos. Deixo aqui registrada minha admiração pela pessoa e profissional que você é.

Aos professores, Eduardo Takahashi e Luiz Clement, agradeço a disponibilidade de examinar minha pesquisa com tanto esmero. Suas contribuições agregaram maior qualidade à investigação atentando-me para questões essenciais no contexto pesquisado.

Agradeço ainda, aos demais professores, equipe do PPGED e colegas, com os quais tive o prazer de estudar, conversar, trocar experiências e articular deveres e alegrias. Com vocês a tarefa ficou menos árdua.

Agradeço à equipe gestora da Escola Estadual “Joaquim Botelho” que abriu as portas para que eu pudesse desenvolver minha pesquisa na instituição. Meu reconhecimento pela viabilização das várias ações necessárias para o sucesso deste projeto.

Aos pais, minha gratidão por permitirem a participação de seus filhos numa atitude de confiança em meu trabalho. Vocês contribuíram não apenas para a aprendizagem da turma, mas também para o meu desenvolvimento docente.

E aos alunos que se dispuseram a embarcar comigo nessa jornada investigativa, o meu respeito e admiração por aceitarem o desafio. Nossa tempo de estudo juntos tornou vocês

ainda mais especiais. Levarei gravados em meu coração os risos, as gírias, os debates e emburramentos quando não tinham a resposta que esperavam de mim.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, ainda que minha ausência prevalecesse em ocasiões importantes. Obrigada por vocês existirem... Seu carinho e incentivo me impulsionaram a alcançar o alvo.

Aos meus pais, irmãos e a madrinha Beni, não há palavras que possam expressar o meu amor e gratidão... Obrigada pelo colo, aconchego, pelas palavras de ânimo e fé. Por estarem comigo sempre.

Agradeço minhas cunhadas, Tatiane e Suzely, que se prontificaram a ajudar em diversas ocasiões. Lendo meus textos e opinando ou socorrendo com assuntos técnicos. Quero registrar ainda minha gratidão à minha cunhada Janete que realizou a correção ortográfica da dissertação. Que todas vocês sejam recompensadas em suas jornadas.

Aos familiares, que acompanharam minha trajetória e me suportaram nos momentos difíceis, agradeço pela resignação e peço perdão se os desapontei quando estava submersa nos estudos.

Agradeço meu esposo, Rildo, porque sem o seu apoio incondicional com certeza eu jamais estaria aqui. Evidencio o meu reconhecimento pelas inúmeras vezes que você assumiu minhas tarefas diárias para que eu pudesse me dedicar à pesquisa. Meu cúmplice em todas as batalhas... Foram viagens, seminários, congressos e você estava lá comigo... Essa vitória é nossa!

Dedico esse trabalho também às minhas queridas filhas Laís e Lívia, que sempre estarão comigo na escola da vida, e são a razão da minha luta. Orgulho-me muito de vocês. Obrigada, por ser exatamente quem são. Amo vocês.

Enfim, o verdadeiro aprendizado acontece na riqueza das relações humanas. Concretiza-se na abstração do diálogo, no intercâmbio entre ciência e experiência. Sou grata a todos que fizeram parte desta etapa da minha história e a tornaram mais significativa. Que me levaram a refletir sobre a profissional que eu era e a que eu quero ser.

Seja a mudança que você quer ver no mundo.

Mahatma Gandhi

RESUMO

O ensino de Física enfrenta diversos dilemas concernentes à falta de interesse dos estudantes. Apesar da vasta aplicabilidade dos conteúdos, os discentes demonstram tangível aversão ao seu aprendizado, o que é evidenciado nos resultados de aprendizagem. Após sondagem preliminar em nosso contexto próprio de atuação, verificou-se que a principal queixa se relaciona ao modelo de aula tradicional e extremamente matematizado. Desse modo, almejamos mudanças metodológicas que diminuíssem o abismo entre professor e aluno, agenciando sua participação ativa e consciente. Na busca de estratégias didáticas mais amoldadas a tais intentos, elegemos o Ensino por Investigação (EI) por possuir caráter envolvente e promover a autonomia crítica do estudante. O EI proporciona o questionamento de concepções de senso comum e sua transposição para o conhecimento científico. Nesse viés, presumimos que uma relação dialógica assume lugar privilegiado, reportando-nos para a necessidade do incremento da argumentação. A habilidade de argumentar é uma qualidade essencial na formação do cidadão contemporâneo que deve se posicionar em inúmeras situações. Possibilita ao estudante questionar, expor ideias, justificar hipóteses, interagir com colegas, professores e com o mundo de uma forma geral. Apesar de pouco explorada no contexto de sala de aula, apresenta grande potencial no processo de ensino/aprendizagem da disciplina. Assim, constituímos nosso problema: Qual o papel da argumentação na perspectiva do Ensino por Investigação? Nesta pesquisa de caráter qualitativo, utilizamos princípios da pesquisa-ação tendo como alvo a interação professor/aluno no ambiente do Ensino por Investigação com vistas ao desenvolvimento da argumentação nas aulas de Física. Aplicaram-se atividades didáticas em grupos de estudantes sendo que estes escolheram os componentes de sua equipe e o tema a ser investigado. A partir de um tópico inicial cada grupo levantou um problema de pesquisa para direcionar sua trajetória no EI. Realizou-se uma sondagem sobre os conhecimentos prévios dos alunos a fim de que a professora concedesse ajuda ajustada aos discentes. O processo de investigação contou com a monitoria presencial e virtual da docente. Os dados foram coletados durante as monitorias no diário da prática pedagógica e na apresentação dos seminários através da gravação de áudios. Na análise do material integramos elementos da Análise de Conteúdo e do Padrão Argumentativo de Toulmin. Destacamos a consolidação do protagonismo estudantil e da qualidade argumentativa nesse contexto do EI. Propomos também uma discussão/reflexão sobre os sentidos dados à prática docente e sua articulação com iniciativas de compreendê-la e promover a melhoria do aprendizado em Física.

Palavras chaves: Ensino de Física, Ensino por Investigação, Argumentação.

ABSTRACT

The physics teaching faces a lot of dilemmas regarding the lack of interest from the students. Even with the vast applicability of the subjects, the students show much aversion to their learning process, and this is very clear looking through the results. After preliminary research in our proper action context, it was found that the main complaint is related to the traditional way of explaining, which is extremely mathematized. This way, we crave for methodological changes that can decrease the distance between who is teaching and who is learning, promoting active and conscious participation of both sides. Searching for didactic strategies that fill in our expectations, we elected the Teaching per Inquiry (TI), for being engaging and promoting critical autonomy. The TI provides the questioning of common-sense conceptions and its transposition to scientific knowledge. In this perspective, we assume that a dialogical relation takes on a privileged place, showing us the need for improving the students' argumentation. The ability to debate is an essential quality for the contemporary citizen's formation who needs to take place in so many different situations. It enables the students to question, to expose their ideas, to justify hypotheses, interact with classmates, teachers, and the whole world. Even being not much explored in the classroom context, it shows the big potential of physics teaching/learning process. Like this, we constitute our problem: what role does the argumentation plays in TI? In this qualitative research, we used research-action principles having as purpose a better teacher/student interaction in the Teaching per Inquiry environment, aiming to develop the argumentation in the physics'classes. There were applied didactic group activities where the students could choose with whose classmates they wanted to work with, and about what they wanted to investigate. From an initial topic each of the groups raised a research problem to direct its trajectory in TI. A survey was conducted on students' previous knowledge in order for the teacher to grant adjusted help for the students. The investigation process included classroom and virtual monitoring by the teacher. Data were collected during the monitoring in the pedagogical practice diary and in the presentation of the seminars through audio recording. In the review of the material we integrate elements of the analysis of Toulmin's argumentative pattern. We highlight the consolidation of the students' protagonism and of the argumentative quality in this context on TI. We also propose a discussion/reflection on the meanings given to teaching practice and its articulation with initiatives to understand it and promote the improvement of learning in physics.

Key words: Physics teaching, Teaching per Inquiry (TI), Argumentation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC: Base Nacional Comum Curricular
CEPE: Comitê de Ética em Pesquisa
DCN: Diretrizes Curriculares Nacionais
DPP: Diário da Prática Pedagógica
EI: Ensino por investigação
FACED: Faculdade de Educação
FGF: Faculdade da Grande Fortaleza/CE
FMC: Física Moderna e Contemporânea
IARTE: Instituto de Artes
ICENP: Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal
ICHPO: Instituto de Ciências Humanas do Pontal
JEMG: Jogos Escolares de Minas Gerais
NRC: National Research Council (Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos)
PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais
PPGED: Programa de Pós-Graduação em Educação
PPGEM: Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
PROEXC: Pró-Reitoria de Extensão e Cultura
PROGRAD: Pró-Reitoria de Graduação
PROGRAMA PIAEV: Programa Institucional de Apoio a Ações e Eventos de Extensão.
SEI: Sistema Eletrônico de Informações
SEE/ MG: Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais
SRE: Secretaria Regional de Educação
TAP: Padrão Argumentativo de Toulmin
UFU: Universidade Federal de Uberlândia
UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura.
UNIUBE: Universidade de Uberaba

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Padrão argumentativo de Toulmin (elementos essenciais)	25
Figura 2: Padrão argumentativo de Toulmin (elementos essenciais e acessórios)	26
Figura 3: Exemplo de argumentação durante a monitoria	48
Figura 4: Exemplo de diálogo durante a monitoria	49
Figura 5: Fala da aluna 2 no TAP (Análise 1 do seminário 1)	61
Figura 6: Fala da aluna 3 no TAP (Análise 2 do seminário 1)	62
Figura 7: Fala da aluna 14 no TAP (Análise 3 do seminário 2)	63
Figura 8: Fala de vários alunos no TAP (Análise 4 do seminário 2)	64
Figura 9: Fala do aluno 19 no TAP (Análise 5 do seminário 3)	67
Figura 10: Fala do aluno 19 no TAP (Análise 6 do seminário 3)	69
Figura 11: Fala da aluna 22 no TAP (Análise 7 do seminário 4)	71
Figura 12: Fala da aluna 23 no TAP (Análise 8 do seminário 4)	72
Figura 13: Fala da aluna 33 no TAP (Análise 9 do seminário 5)	74
Figura 14: Fala da aluna 34 no TAP (Análise 10 do seminário 5)	75
Figura 15: Fala do aluno 42 no TAP (Análise 11 do seminário 6)	77
Figura 16: Fala dos alunos 37 e 39 no TAP (Análise 12 do seminário 6)	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Qualidade dos argumentos analisados	82
Gráfico 2: Categoria estrutural – TAP	83
Gráfico 3: Categorias epistêmicas	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Critérios de análise dos argumentos estudantis	28
Quadro 2: Indicação geral das atividades didáticas implantadas	44
Quadro 3: Problemas levantados pelos grupos	47
Quadro 4: Exemplo da utilização de gírias mescladas ao conteúdo científico	49
Quadro 5: Organização do trabalho dos grupos	50
Quadro 6: Destaques de relato referente ao Grupo 1	51
Quadro 7: Destaques de relato referente ao Grupo 2	52
Quadro 8: Destaques de relato referente ao Grupo 3	52
Quadro 9: Destaques de relato referente ao Grupo 4	53
Quadro 10: Destaques de relato referente ao Grupo 5	53
Quadro 11: Destaques de relato referente ao Grupo 6	54
Quadro 12: Categorias de análise	80
Quadro 13: Categorização final	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Memorial	1
1.2 Delineamento do problema de pesquisa	5
2 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	11
2.1 A Argumentação na escola e suas contribuições para a formação do educando	11
2.2 O Desenvolvimento da Argumentação no Ensino por Investigação	15
2.3 A relação professor/aluno e aluno/aluno no Ensino por investigação	19
2.4 A estrutura do argumento e o padrão argumentativo de Toulmin (TAP)	22
2.5 Aspectos relevantes na argumentação	29
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	34
4 ANÁLISE E RESULTADOS	40
4.1 Organização dos grupos e escolha dos temas	40
4.2 Os desdobramentos das atividades didáticas	42
4.3 O Diário da Prática Pedagógica (DPP)	46
4.3.1 Relatos da fase inicial do processo investigativo	47
4.3.2 Relatos sobre a preparação e execução dos seminários	55
4.4 Os seminários e suas análises	60
4.5 Composição das categorias	79
5 CONCLUSÕES E ENCAMINHAMENTOS	85
REFERÊNCIAS	94
APÊNDICE	103

1 INTRODUÇÃO

1.1 Memorial

Minha trajetória como professora de Física iniciou-se no ano de 2003, na Escola Estadual “Joaquim Botelho” de Coromandel – MG que sofria com a falta de profissionais licenciados para tal função. Habilitada em Matemática, mas com uma paixão desmedida pela causa, e o anseio contido devido à falta de oportunidades de me graduar em Física, aceitei o desafio. Tive que lidar com a insegurança, a despeito de todo o planejamento que era feito e de horas ininterruptas de estudo.

Por mais que eu me esforçasse, percebia que grande parte dos alunos não obtinha resultados satisfatórios. Minhas aulas eram extremamente matematizadas e apesar de tentar trabalhar a teoria de forma contextualizada, a utilização de uma metodologia diretiva arraigada no empirismo, fadava ao fracasso minhas expectativas. A experimentação era inexistente, tanto em nível de demonstração quanto de verificação ou investigação. Algumas alternativas didáticas foram aplicadas a fim de melhorar a qualidade de ensino, mas não alcançaram o nível de eficácia esperado.

Em 2014, iniciei O projeto “Física Vivencial” que abordava de forma interdisciplinar as fontes alternativas de energia e implantava timidamente as atividades experimentais. Esse projeto foi selecionado pelo MAGISTRA (Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Professores) da Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais (SEE MG) para ser apresentado no III Congresso de Práticas Educacionais: Novas formas de Ensinar e Aprender como modelo para as demais escolas mineiras. Pela primeira vez eu sentia que estava no caminho certo.

Ainda em 2014, a SEE MG abriu edital para concurso público. Incentivada pelos meus colegas a testar os conhecimentos na área de Física, me inscrevi. Surpreendentemente, eu

era a única candidata aprovada para quatro vagas disponíveis. Destarte, o próximo passo foi buscar pela habilitação tão almejada. Apesar de não conseguir fazer um curso presencial, o semipresencial abriu minha mente para questões que até então eram completamente alheias a minha prática.

Cursei a graduação na Faculdade da Grande Fortaleza/CE (FGF), meu polo de estudos era em Brasília. Lá foram aplicadas mensalmente todas as avaliações e também as atividades que necessitavam do laboratório. Um curso extremamente prático, voltado para a reflexão constante do ensino de Física, e com vistas a sanar a problemática enfrentada em muitas localidades em virtude da quase inexistência de profissionais preparados. Nesses moldes, só poderia ser ofertado a professores que já ministram Física sem a devida formação ou a bacharéis de áreas afins com interesse em ingressar na docência.

Meu ganho profissional foi enorme, realizei uma pesquisa e tive a oportunidade de constatar o anseio dos discentes em relação ao processo de ensino aprendizagem. A partir daí, desenvolvi um trabalho em parceria com os estudantes para mobilizar a comunidade escolar acerca de assuntos importantes que se relacionavam ao ensino de Física. Nessa mesma época comecei a me interessar pelo ensino investigativo instituindo-o em minhas aulas.

Notei a mudança atitudinal dos estudantes em relação à motivação na realização das tarefas. Como a escola não possui um laboratório de Ciências e algumas atividades experimentais eram realizadas no pátio, por várias vezes percebia alunos de outras turmas assistindo atentamente pela janela, confesso que isso me enchia de alegria. Meu objetivo era equilibrar teoria, prática, resolução de problemas e, cativar a curiosidade dos meus alunos a fim de desenvolver habilidades para questionar e pesquisar.

Em todos os projetos desenvolvidos era nítido o entusiasmo dos grupos competindo entre si a fim de apresentar o melhor trabalho. Nessas ocasiões integrantes das equipes remetiam relatórios das atividades, filmavam e fotografavam os seminários para me enviar. Eu sempre me coloquei como parceira, nunca trazendo respostas imediatas, mas conduzindo-os na investigação, confrontando conceitos com situações cotidianas e experimentais. Devido à dificuldade para monitorar presencialmente todos os trabalhos optei por prestar também a monitoria virtual o que ampliou de forma potencial a participação nas atividades propostas.

No ano de 2017, fui aprovada no processo seletivo para o Mestrado Acadêmico em Educação na Universidade Federal de Uberlândia para a turma de 2018. Adotei a linha de pesquisa de Educação em Ciências e Matemática e cadastrei um projeto que harmonizava com

meus interesses profissionais no ensino de Física. No primeiro semestre cursei “Fundamentos da Pesquisa em Educação” com o professor Dr. Guilherme Saramago de Oliveira. Tive o ensejo de conhecer diferentes metodologias de pesquisa e coleta de dados. Entre seminários, leituras e resenhas, fui fortalecida teoricamente para a execução do meu projeto. Essa disciplina contribuiu enormemente na definição da presente pesquisa. Tenho muito a agradecer ao professor que além de dividir conosco seu conhecimento e experiências sempre esteve pronto a nos auxiliar de forma individual em nosso trabalho.

Ainda nesse período, frequentei as aulas do professor Dr. Humberto Guido de “Epistemologia e Educação”. Fui despertada para um mundo filosófico completamente articulado com a área de educação até então inexistentes para mim. Leituras densas e para alguém da área de exatas como eu, completamente alheias a tudo que já havia sido vivenciado. O professor sabiamente nos direcionava a refletir acerca das influências filosóficas dos diversos setores da sociedade na educação, e consequentemente também sobre nossa atuação nesse cenário.

No segundo semestre tive a oportunidade de novamente estar com o professor Dr Guilherme Saramago de Oliveira na disciplina “Aprendizagem e Ensino de Ciências e Matemática”. Estudamos sobre as teorias da aprendizagem, e apesar de estar há tanto tempo na área de educação, e me preocupar dia após dia com diferentes métodos de ensino, entender as diversas formas de pensar a aprendizagem foi essencial para que eu percebesse a necessidade de um olhar mais crítico sobre o sistema educacional brasileiro e suas políticas.

Também nessa etapa participei de uma disciplina ofertada pelo professor Dr Sandro Rogério Vargas Ustra em parceria com a professora Dr^a Elenita Pinheiro de Queiroz Silva, “Seminários de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática II”. O objetivo principal do estudo foi analisar dados na pesquisa em educação, e ainda pensar a qualidade epistemológica, ética e política, socialmente referenciadas da pesquisa qualitativa em educação. Todos os textos sugeridos foram relevantes visto que havia ocorrido previamente uma sondagem dos interesses da turma.

Dentre as atividades programadas previstas na grade curricular do programa de pós-graduação assisti à Palestra: A Neurociência da Resiliência e Felicidade, promovida pelo Instituto de Artes (IARTE) da Universidade Federal de Uberlândia, realizada no período de 22/08/2018, sob a coordenação da Sandra Mara Alfonso. Ainda nessa proposta compareci em eventos promovidos pela Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) da Universidade Federal de Uberlândia, a saber, o Seminário BNCC realizado no período de 24/09/2018 a 25/09/2018, sob

a coordenação da Jane Maria dos Santos Reis, e o Planejamento e gestão da sala de aula realizado no período de 18/10/2018, sob a coordenação da Mariana Batista do Nascimento Silva.

Também participei do IX Encontro Mineiro Sobre Investigação na Escola, promovido pelo Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal (ICENP) da Universidade Federal de Uberlândia, vinculado ao 'PROGRAMA PIAEV 2018 (EDITAL SEI PROEXC N. 43/2018)', realizado no período de 28/09/2018 a 29/09/2018, sob a coordenação do Milton Antônio Auth. Nesta ocasião, apresentei o trabalho "Desenvolvimento da Argumentação através de atividades investigativas no ensino de Física".

Marquei presença no XIV Seminário Nacional "O Uno e o Diverso na Educação Escolar" - III Encontro de Educação em Ciências e Matemática - XII Seminário de Prática Educativa/ Pedagogia promovido pela Faculdade de Educação (FACED) da Universidade Federal de Uberlândia, realizado no período de 21/11/2018 a 23/11/2018, sob a coordenação da Iara Vieira Guimarães, com apresentação do trabalho "Reflexões sobre práticas argumentativas no ensino de óptica da visão".

Durante o primeiro semestre do ano de 2019, mesmo já havendo cumprido a exigência do programa em relação às disciplinas, resolvi cursar "Tópicos Especiais em Educação em Ciências e Matemática I" que foi ofertada pelo professor Sandro Rogério Vargas Ustra. Aprofundei os estudos sobre a epistemologia da ciência através de aulas dinâmicas abrindo espaço para o debate e diferentes posicionamentos que me intrigavam e sempre provocavam um retorno a minha prática.

No segundo semestre do ano de 2019, estive presente no 30º Congresso de Educação do Sudoeste Goiano com o tema "Democracia, Diáspora e Educação - Relações possíveis no contexto Brasileiro, Latino e Mundial", realizado entre os dias 27 e 29 de agosto de 2019, na Universidade Federal de Goiás - Regional de Jataí, na qualidade de apresentadora de comunicação oral: "Relações entre motivação dos estudantes e desenvolvimento da argumentação no ensino de Física". Participei ainda do X Encontro Mineiro Sobre Investigação na Escola, promovido pelo PPGECEM-UFU (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática), com apoio do ICENP-UFU; do ICHPO-UFU; da PROGRAD-UFU, da PROEXC-UFU e da UNIUBE. Nessa oportunidade apresentei o trabalho: "Desafios na implementação do ensino investigativo na disciplina de Física". E no I Encontro Mineiro de Ensino de Física centrado no tema: "Reflexões sobre o Ensino de Física: diálogos em formação", que nasceu

com o desejo de ampliar as discussões sobre a temática no cenário mineiro, compartilhei o trabalho: “Desenvolvendo a argumentação em atividades investigativas no Ensino de Física”.

Meu orientador, professor Sandro, esteve presente em todas as etapas da minha trajetória nesse programa. Agradeço pelas sugestões de leitura, pela parceria, por reavaliar comigo o projeto de pesquisa e o material envolvido (relatórios, diário da prática pedagógica e áudios) com um olhar mais criterioso, fazendo-me perceber de forma perspicaz os detalhes que ressaltavam o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Participamos de alguns eventos, apresentamos trabalhos mediante a observação e crítica de outros pesquisadores da área aprimorando-os ao longo do processo.

Hoje percebo que todas as dificuldades vivenciadas no meu percurso docente foram determinantes na escolha do problema de pesquisa. A vivência no PPGED/UFU foi dando um novo sentido em minhas ações pedagógicas ocorridas simultaneamente aos estudos. Estando convicta da necessidade de uma quebra de paradigmas, busquei respostas sobre o desenvolvimento da argumentação no ensino de física por investigação. Nesse momento da minha docência não consigo vislumbrar aprendizagem com isenção de uma relação dialógica, em que o aluno dê voz aos seus anseios para além de aprendizados escolares.

1.2 Delineamento do problema de pesquisa

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) reconhecem que a estrutura atual do Ensino Médio não consegue atender as necessidades dos estudantes e nem mesmo corresponder às expectativas sociais em relação ao preparo para o exercício da cidadania e o mundo do trabalho. Apontam para a importância de um ensino que acompanhe o crescimento econômico e tecnológico do país formando profissionais capacitados nos mais diversos setores. Destarte, o Plano de Desenvolvimento da Educação busca articular um cenário de possibilidades para a educação sistêmica através da implantação de modificações a fim de melhorar a qualidade do ensino ofertado com vistas ao atendimento plural, à formação científica, humana, cultural e profissional.

Nesse viés, as políticas educacionais brasileiras defendem a formação integral do educando. Os documentos oficiais apontam a necessidade da aproximação dos conteúdos

escolares às questões cotidianas do estudante. A principal justificativa é a preparação para o pleno exercício da cidadania, entendida como a consciência dos direitos civis, políticos e sociais mediante participação responsável no contexto em que o sujeito atua. Segundo o Departamento dos Direitos Humanos e Cidadania (CURITIBA, s.d.), essa se expressa pela igualdade dos indivíduos perante a lei, pertencendo a uma sociedade organizada.

O ensino de Ciências¹, e de Física em particular, é fundamental nesse contexto. A disciplina está relacionada a questões científicas, ambientais, sociais e tecnológicas, e comporta a perspectiva crítica do cotidiano, permitindo sua compreensão e transformação. Assim como as demais disciplinas pretende contribuir para a emancipação dos alunos, favorecendo seu desenvolvimento cognitivo e pessoal fora dos portões da escola. Desta maneira, procura constituir modelos para os fenômenos naturais e melhorar a relação do homem com o universo, bem como estabelecer conexões com as demais formas de expressão da cultura humana.

A essencialidade da Física para uma formação voltada ao exercício pleno da cidadania é enfatizada pelas diretrizes da Educação Básica (BRASIL, 2006 – PCN), através do ensino de seus conceitos, modelos, acontecimentos ou processos físicos. Os conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais) abordados numa perspectiva de contextualização despertam o aluno para se posicionar e agir frente às questões sociais e/ou históricas relativas a fenômenos naturais e tecnológicos utilizando os conteúdos disciplinares como meio. Assim, o ensino de Física pautado na concepção do sujeito social requer o debate sobre diferentes situações contemporâneas e a compreensão da estrutura e especificidades do pensamento científico.

Não menos crucial que os fatos supracitados, a Física possui vasta aplicabilidade e contribui para uma melhor qualidade de vida das pessoas. Contudo, vale destacar o saber físico atrelado a uma contextualização a fim de promover a responsabilidade social e ética. À vista disso, torna-se imprescindível o uso de estratégias didáticas capazes de proporcionar aos alunos novas formas de aprender, resultando em um entendimento abrangente do mundo globalizado. Os PCN (BRASIL, 2000), sugerem um ensino mais democrático que priorize a transdisciplinaridade desmistificando o conhecimento científico e tornando-o mais acessível ao estudante:

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o

¹ O termo ensino de Ciências abrange as áreas de Biologia, Física e Química.

ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL 2000, p. 22).

O que tem sido feito no sentido de atender a sugestão dos PCN? Na nossa ótica, arrazoar esse teor transdisciplinar é compreender o conhecimento desprovido de fragmentos desconectados. Busca-se nesse viés alcançar uma unidade com tendência ao pensamento mais aberto e plural convergindo para uma proposta didática desafiadora que exige o rompimento de fronteiras e a aplicação dos conteúdos escolares na vida diária.

No entanto, apesar das suas amplas potencialidades formativas, percebe-se problemas de ordem prática. O ensino de Física na rede pública enfrenta inúmeros desafios. As condições de trabalho a que o professor está sujeito são desfavoráveis e existem ainda as limitações decorrentes de sua formação inicial e/ou continuada. Dentre os obstáculos enfrentados poderíamos citar: o número excessivo de alunos por turma, a falta de apoio e material pedagógico, o número insuficiente de aulas semanais, a precariedade de condições técnicas para a realização de atividades experimentais, e ainda a escassez de profissionais habilitados que acabam se ressentindo dos desafios para desenvolver nos alunos as habilidades necessárias.

Nota-se por parte dos discentes uma grande dificuldade em reconhecer a utilidade dos conteúdos trabalhados, evidenciando-se um desinteresse generalizado. Sua queixa é a priorização dos cálculos em detrimento da teoria e da prática. Os métodos tradicionais (ensino por transmissão) são aplicados sem que haja uma diversificação de estratégias didáticas. A falta de pré-requisitos por parte dos alunos é uma barreira que somada às demais tem como consequência uma verdadeira aversão em relação à disciplina. Tal fato se reflete nos péssimos resultados de aprendizagem e tem sido comprovado por inúmeras pesquisas cujos efeitos infelizmente não alcançam a sala de aula.

Os PCN denunciam outro equívoco relativo ao engano do rompimento da Matemática na estruturação do conhecimento físico.

Na prática, é comum a resolução de problemas utilizando expressões matemáticas dos princípios físicos, sem argumentos que as relacionem aos fenômenos físicos e ao modelo utilizado. Isso se deve em parte ao fato já mencionado de que esses problemas são de tal modo idealizado, que podem ser resolvidos com a mera aplicação de fórmulas, bastando ao aluno saber qual expressão usar, e substituir os dados presentes no enunciado do problema. Essas práticas não asseguram a competência investigativa, visto que não promovem a reflexão e a construção do conhecimento. Ou seja, dessa forma ensina-se mal e aprende-se pior (BRASIL, 2006, p. 54).

Ainda há de se considerar a diversidade do alunado que a escola pública atende. Alunos de várias culturas, classes sociais e principalmente com objetivos diversos para o futuro. Alguns são das exatas, outros são das humanas ou biológicas. Enquanto para uns o foco é o Enem, outros já estão trabalhando e almejam apenas concluir esta etapa. Creio que entender e respeitar essa variedade de interesses é um dos pontos cruciais na metamorfose da situação acima desenhada. Pensando nessa perspectiva Jacques Delors (2012) alerta para a necessidade de uma prática pedagógica voltada para a formação contínua do estudante e alicerçada em quatro pilares: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser. Estes constituem fundamentos da educação baseados no Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI.

Considerando as constantes mudanças na sociedade hodierna e a própria ciência que não estabelece verdades absolutas, entendendo ainda as articulações entre as quatro vertentes supracitadas, concluímos que o aluno deve ser inserido em um processo de pesquisa para que tenha êxito em suas escolhas futuras. A pesquisa é compreendida como um princípio pedagógico nas DCN (BRASIL, 2013), que destacam:

sua contribuição para que o sujeito possa, individual e coletivamente, formular questões de investigação e buscar respostas em um processo autônomo de (re)construção de conhecimentos. Nesse sentido, a relevância não está no fornecimento pelo docente de informações, as quais, na atualidade, são encontradas, no mais das vezes, e de forma ampla e diversificada, fora das aulas e, mesmo, da escola. O relevante é o desenvolvimento da capacidade de pesquisa, para que os estudantes busquem e (re)construam conhecimentos (BRASIL, 2013, p. 166).

Assim, uma das metas do professor passa a ser a não restrição dos aprendizados escolares ao cenário científico, mas sua contextualização em aspectos vivenciais e sociais.

Entende-se que o desacerto mencionado no processo de ensino/aprendizagem seja de ordem metodológica. Deste modo, a busca por estratégias didáticas mais atraentes deve ser uma constante no âmbito do ensino de Física. O primeiro passo no sentido de sanar tal

problemática converge para o pensamento de Bachelard, em seu livro de 1938, *La formation de l'esprit scientifique*. O autor destaca a necessidade preeminente dos professores conecerem as concepções prévias dos alunos, com a percepção do obstáculo pedagógico que impede o professor de entender porque o aluno não comprehende.

Por conseguinte, os problemas encarados no campo do ensino de Física relacionam-se ao abismo que se formou entre professores e alunos, saberes escolares e questões cotidianas. Nas práticas pedagógicas, o aluno aparece como coadjuvante, apenas recebendo informações que nem sempre são de seu interesse e não despertam sua curiosidade em nenhum aspecto. A pergunta que mais se ouve é “Para quê eu vou precisar saber isso?”. Tal panorama nos leva a refletir sobre os caminhos trilhados pelos envolvidos nesse processo de aprendizagem e qual seria a atuação expectável de cada um.

Alguns questionamentos associados aos problemas aludidos nos vêm à mente: Que fatores determinam o distanciamento entre professor e aluno? De que forma a postura do professor frente às dificuldades apresentadas pelos estudantes afeta os resultados de ensino? Como conquistar a participação discente nas atividades propostas? Quais estratégias pedagógicas serão mais propícias a fim de instigar no aluno a vontade de aprender? Como a atitude do aluno perante os desafios colocados pode (re)direcionar a aula? Qual a importância do “problema” no contexto da pesquisa escolar? Como direcionar o aluno respeitando seus posicionamentos? Como o professor pode contribuir para o desenvolvimento da argumentação do estudante? De que forma a argumentação do discente pode confirmar seu envolvimento no processo de investigação?

Perante o exposto, defendemos nesse estudo uma relação dialógica entre professor e aluno e primamos por uma pedagogia relacional que se articula com a epistemologia construtivista. Assim, constituímos nosso problema de pesquisa: Qual o papel da argumentação na perspectiva do ensino por investigação?

O realce na habilidade argumentativa deve-se à amplitude de seu significado em diversas áreas do conhecimento e também ao fato de que a maioria dos discentes demonstra dificuldade em expressar claramente o conhecimento formal ou o que entende dele. Já o ensino por investigação é destacado por permitir ao aluno não apenas o acesso ao conhecimento científico, mas a compreensão de como se produz ciência e qual sua natureza. Além do mais, estas duas ênfases corroboram para o envolvimento e participação ativa do estudante em todas as etapas pedagógicas previstas no processo de ensino aprendizagem.

Diante deste quadro, o **objetivo principal** de nossa pesquisa durante o mestrado foi compreender o desenvolvimento da argumentação em atividades didáticas de caráter investigativo em uma turma de Física do Ensino Médio.

Assim, configuraram-se como **objetivos específicos** da pesquisa:

- Desenvolver e acompanhar atividades didáticas de caráter investigativo implementadas em aulas de Física.
- Caracterizar a argumentação apresentada pelos estudantes, durante o desenvolvimento das atividades didáticas de caráter investigativo.

A estrutura da dissertação contempla as seções descritas a seguir. Na seção 1 trouxemos a trajetória profissional da pesquisadora no âmbito do ensino de Física e sua aproximação com a problemática investigada e ainda esboçamos o problema de pesquisa.

Na seção 2 apresentamos a fundamentação teórica que ampara o ensino por investigação e suas articulações com o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Ressaltamos a importância da prática argumentativa, sua evolução e suas prerrogativas para a formação do educando.

A seção 3 contemplou o delineamento da pesquisa, a qual se sustenta em um levantamento bibliográfico e apresenta características da pesquisa-ação. Detalhamos a metodologia utilizada tanto no trabalho pedagógico quanto na coleta de dados e indicamos a utilização de elementos da Análise de Conteúdo e do padrão argumentativo de Toulmin (TAP).

Na seção 4 trouxemos os resultados e as inferências realizadas sobre o contexto pesquisado com alvo na qualidade argumentativa dos estudantes, e uma perspectiva para o desfecho da pesquisa. Focalizamos o trabalho em equipe, o desdobramento das atividades didáticas, os relatos contidos no diário da prática pedagógica (DPP), os seminários e suas análises e a composição das categorias.

Na seção 5 evidenciamos as conclusões preliminares e os encaminhamentos que poderão servir de âncora para demais profissionais que trabalham nessa vertente e ainda para futuros estudos.

2 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

2.1 A argumentação na escola e suas contribuições para a formação do educando

A argumentação é utilizada na vida cotidiana em situações comuns, profissionais, jurídicas, etc. Quando se defende um posicionamento, justificam-se escolhas, reivindicam-se direitos mediante um suporte legal ou mesmo ao rejeitar algum pensamento ou atitude amparada em uma razão, estamos argumentando. Quanto maior o conhecimento de causa e a congeminação de ideias, mais eficaz é o argumento.

Em um coletivo onde a diversidade de condutas e disposições para um mesmo assunto exige harmonia (a despeito das convicções individuais), o diálogo constitui peça fundamental. Para que se tenha êxito nessa pendência, os argumentos tornam-se essenciais. Assim, o desenvolvimento da habilidade argumentativa passa a ser uma demanda global de grande importância.

The skills off arguments, publicado por Deanna Kuhn (1991), consubstancia saldos relevantes de uma ampla pesquisa sobre argumentação e educação. Em seus relatos, evidencia-se uma defasagem na argumentação voltada para o exercício da cidadania. A autora adverte para a urgência de ações com esse viés educativo e social. Ainda hoje, nota-se essa necessidade quando a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) apresenta a perspectiva do aprimoramento do educando como pessoa humana em competências específicas e habilidades da área de ciências por meio do incentivo à leitura e análise de materiais de divulgação científica, à comunicação de resultados de pesquisas, à participação e promoção de debates, entre outros.

Pretende-se, também, que os estudantes aprendam a estruturar discursos argumentativos que lhes permitam avaliar e comunicar conhecimentos produzidos, para diversos públicos, em contextos variados, utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), e implementar propostas

de intervenção pautadas em evidências, conhecimentos científicos e princípios éticos e socioambientalmente responsáveis (BRASIL, 2017, p. 552).

Portanto, nas concepções contemporâneas de educação, o desenvolvimento das habilidades de pensamento crítico (argumentar, analisar e inferir) torna-se essencial. O cidadão preparado não é aquele que apenas reproduz a partir de um modelo pronto, mas o que se posiciona, considera suposições, critica e age de forma coerente com sua realidade contribuindo para uma sociedade melhor.

Muitas ações realizadas por alunos no ambiente escolar nas diferentes disciplinas envolvem a argumentação. Mas o que é argumentação? Qual é a sua importância no ensino de física? Para responder a essas questões ressalta-se que seu conceito ainda abrange inconsonâncias, contudo a argumentação é parte constituinte e essencial da prática científica. Ela está presente em todas as etapas de uma pesquisa, podendo acontecer em diferentes níveis de multiplicidade de acordo com o ambiente, os objetivos e a comunidade compreendida (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Neste estudo adotaremos a argumentação como uma articulação de ideias que tem por objetivo convencer os interlocutores e/ou colocar pontos de vista com o fim de contribuir para o entendimento mais amplo de determinado fenômeno. Tal atividade inclui pesquisa, conhecimento, habilidades discursivas, raciocínio lógico, autonomia crítica e, portanto se relaciona intimamente à epistemologia da ciência.

Noronha e Mendes (2015) comentam que os documentos norteadores da organização curricular da Educação Básica pontuam o valor do conhecimento por parte do aluno das diferentes linguagens e suas utilidades na comunicação com o meio, na interpretação de fontes de informações distintas e recursos tecnológicos. Estas linguagens citadas pelos autores são de suma valia no contexto da argumentação e retratam uma veia evolutiva atraindo a atenção estudantil.

Costa (2008) e Carvalho (2011) afirmam que a linguagem científica tem caráter argumentativo. Assim sendo, um dos alvos do ensino de ciências, em especial de Física, é o desenvolvimento dessa competência por parte dos alunos. Os autores manifestam também a necessidade de uma educação que vise à formação discente para atuação construtiva na coletividade, capacitando-os a argumentar e tomar decisões.

Leitão (2007, 2008), Leitão e Damianovic (2011) apontam que o envolvimento em atividades argumentativas corrobora para um conhecimento metacognitivo (pensamento sobre

as próprias ideias acerca de objetos do mundo) de introspecção o qual desencadeia avaliação, reconstrução e conscientização sobre ações específicas. Em seu livro, com um conteúdo extremamente prático, elas ponderam que o indivíduo é conduzido pelo imperativo de justificar suas afirmações e rebater a contra argumentação fundando-se em seu próprio pensamento como artifício de reflexão. Nota-se um caráter que é irrevogável na consideração das bases em que eles se sustentam e os limites que os restringem.

Dentre os aspectos atrelados à argumentação no ensino de ciências, a justificação de enunciados e a persuasão de um público (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008) são os mais recorrentes. Desta forma, constitui uma estratégia didática potencial na ampliação de destrezas interpretativas de contextos, de maneira responsiva e operacional favorecendo a compreensão sobre conteúdos científicos, podendo extrapolar e generalizar para situações cotidianas.

A capacidade de argumentar se amplia no exercício contínuo, e assume especial significado quando os sujeitos tomam consciência da sua função na construção de conhecimentos e valores. Costa (2008) ressalta que o uso do argumento não é uma habilidade inerente aos estudantes, mas um processo assimilado na prática em sala de aula. A estimulação ao emprego de explicações e a arguição de pontos de vistas conectados aos fenômenos estudados institui condição adequada ao seu desenvolvimento. O êxito dos resultados obtidos e a prontidão dos alunos ao aderirem a essa proposta são diretamente proporcionais a precocidade no estímulo da construção do argumento por parte do docente (MONTEIRO, 2002).

O autor supracitado entende o planejamento das aulas tanto quanto as metodologias aplicadas pelo docente como condições que contribuem consideravelmente para a ampliação da perspicácia argumentativa. Dessa forma, a escolha do professor ao traçar metas pode nutrir tal disposição estudantil. Evidentemente que a ação do educador desvinculada do envolvimento do discente no processo de aprendizagem nada resolverá. Deve haver uma inclusão de parceria, confiança e (cor)responsabilidade nos resultados de ensino. Uma metodologia relacional visa crescimento de ambas as partes e todos devem assumir postura ativa. Não obstante, o desafio maior fica a cargo do professor que no modelo de aula aberto teme perder sua posição de “sabe tudo”. Infelizmente, muitos ainda trazem consigo a convicção do dever de fornecer todas as respostas.

Leitão e Damjanovic (2011) em sua obra, “Argumentação na escola: conhecimento em construção”, reconhece a gama de desafios adjuntos na tarefa de trabalhar a argumentação na escola. Apesar de ser uma metodologia possível para os professores de diversas áreas e

atender a objetivos hodiernos de ensino, seu uso pedagógico não é algo a ser improvisado (SCHWARZ, 2009; SCHWARZ; GROOT, 2007). O docente deve estar disposto a ampliar seus conhecimentos sobre o conteúdo e suas competências argumentativas. Torna-se imprescindível o preparo para problematizar situações inesperadas em sala de aula e aproveitar as oportunidades que surgirem, demonstrando domínio de raciocínios peculiares em sua área de atuação.

Em vista disso, realça-se que um dos principais empecilhos no desenvolvimento da habilidade argumentativa é o fato de requerer mudança de postura do professor. O mesmo deve assumir o papel de interlocutor a ser convencido durante interações argumentativas com vistas à construção do conhecimento (CHIARO; LEITÃO, 2005). Todavia, nota-se que apesar de ainda ser pouco explorada no contexto da sala de aula, por vir inundada de desafios pedagógicos, a argumentação apresenta um mundo de possibilidades no processo de ensino/aprendizagem da Física.

As práticas argumentativas têm encontrado vasto campo de pesquisa na área do ensino de ciências (SÁ; QUEIROZ, 2011). Suas contribuições à aprendizagem são ampliadas significativamente ao contemplar questões socioculturais, através das quais os estudantes podem estabelecer relações importantes entre os conteúdos conceituais e atitudinais que lhes permitem uma compreensão e atuação mais críticas em seu meio social. A multiplicidade de perspectivas das questões socioculturais implica em oposição entre as opiniões dos envolvidos, favorecendo o exercício da argumentação de forma coerente com os conteúdos envolvidos (CORREIA; DECIAN; SAUERWEIN, 2017).

Scarpa, Sasseron e Silva (2017) retratam o valor do estímulo à leitura, estabelecimento de relações entre variáveis, interpretações, inferências, refutações/ou adoção de hipóteses e contextualização dos saberes escolares permitindo que o aluno perceba sua utilidade rotineira. Elas identificam estes feitos, essenciais no desenvolvimento da habilidade argumentativa, como componentes de um estímulo extra para o professor que pretende proporcionar ao aluno um conhecimento autêntico capaz de exceder ao entendimento de um conceito específico.

Pensar no ensino apenas como a transmissão de um conhecimento acabado é bastante limitado, mas muito mais cômodo. Aspirar somente o progresso cognitivo do estudante é infinitamente mais simples, pois sua formação irrestrita exige bastante do professor. Em contraposição, a argumentação está imersa nas concepções de ensino que visam uma educação plena, livre de amarras e limitações.

2.2 O desenvolvimento da argumentação no Ensino por Investigação

O ensino por investigação (EI) teve origem no início do século XX, na escola norte-americana. O contexto social daquela época favorecia o questionamento dos ensinos escolares em prol de uma sociedade mais igualitária. O mesmo sofreu várias evoluções desde então, mas em todas as suas versões está arraigada a busca pelo desenvolvimento intelectual e o protagonismo estudantil. Atualmente, a área de educação em ciências apresenta uma tendência expressiva ao EI em si tratando de orientações conceituais que refletem a epistemologia científica e suas comunicações com o mundo moderno (CARVALHO, 2013; CLEMENT, 2013; FERRAZ, 2015; SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

Todavia, Ferraz (2015), em um breve histórico sobre o ensino por investigação observou que as revisões curriculares ocorridas ao longo dos anos provocaram mudanças em seus objetivos. Primordialmente, o propósito era a formação de profissionais, para atuar nas áreas científicas e tecnológicas, por meio de um método experimental rígido e algorítmico. Neste modelo, atualmente excluso, incorporava-se uma visão neutra da ciência destituída de princípios sociais, éticos e históricos. A partir da década de 1990, buscou-se a extensão de atribuições da cultura científica, suas linguagens, tecnologias e seus impactos na natureza e sociedade. Obteve-se então a idealização de um corpo de conhecimento socialmente autenticado e correlacionado com a natureza da investigação científica.

Esta perspectiva reafirma a análise de Zômpero e Laburú (2011):

O ensino por investigação, que leva os alunos a desenvolverem atividades investigativas, não tem mais como na década de 1960 a finalidade de formar cientistas. Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento da habilidade cognitiva dos alunos, a realização de procedimentos como a elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação (p. 73, grifo nosso).

Constata-se que novas metas exigem uma maneira diferente de ensinar e provocam aprimoramento das estratégias utilizadas. O EI pode ser implementado com a utilização de diversas ações, atividades e atitudes. Não há uma imposição nesse sentido e é importante

respeitar as escolhas do professor de acordo com os meios disponíveis e os anseios dos estudantes. Conversar com a turma sobre o objeto de estudo e os rumos da pesquisa sinaliza opções exequíveis. No tocante ao ensino de ciências por investigação, Ferraz (2015) frisa a pertinência do mesmo estar em acordo com os documentos oficiais que conduzem o trabalho docente com foco nas exigências sociais solicitadas aos discentes em formação.

A indicação ao uso do EI pode ser verificada não apenas em registros nacionais, mas também internacionais. O documento² elaborado pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos (National Research Council – produzido pela National Academy Press), que compõe um guia de investigação sobre paradigmas para a educação em ciências, e opera direcionando o ensino e aprendizagem, enumera diversas vantagens do ensino por investigação. Dentre elas a capacidade para interrogar, raciocinar e pensar criticamente sobre fenômenos científicos. Percebe-se que esses atributos são igualmente obrigatórios na expansão das habilidades argumentativas dos alunos.

As DCN também apontam atividades investigativas como propulsoras na implementação da autonomia intelectual e da formação ética, e destacam as possibilidades de compreensão da relação teoria e prática. No entanto, advertem a respeito da importância da pesquisa ser orientada em uma extensão ética, de modo a oportunizar um entendimento de investigação científica que produz e administra planos de ação tendendo ao avanço social. Nessa direção, a argumentação integra-se à atividade no sentido de nortear as tendências e propiciar a conexão de aspectos científicos e sociais. A pesquisa, como princípio pedagógico, pode, assim, garantir a participação do estudante tanto na prática pedagógica quanto colaborar para o relacionamento entre a escola e a comunidade.

A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. A mesma encontra-se em fase de implantação no ensino médio, sendo o que há de mais atual em termos de orientação para a educação em ciências no país. Ela possui dez competências gerais que devem aparecer em todos os componentes curriculares de forma transdisciplinar relacionadas com as dimensões da vida social e da natureza. Dentre elas enfatizamos o pensamento científico, crítico e criativo que:

Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de

² NRC – Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências estadunidense.

linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais (BRASIL, 2017 p. 472 grifo nosso).

Didaticamente, o EI se opõe à metodologia diretiva em que a instrução parte do professor para o aluno, priorizando o acúmulo de informações. A investigação como princípio pedagógico visa inserir o estudante no contexto científico levando-o a vivenciar a pesquisa no processo de ensino/aprendizagem. Desta forma, abandona-se a figura do professor transmissor, e o aluno assume uma postura dinâmica.

O EI tem trazido bons frutos ao ensino de Física, por incidir de forma envolvente e provocativa incluindo a participação efetiva dos discentes. Os alunos são desafiados e conduzidos à reflexão atuando como agentes ativos na construção do conhecimento. Para elaborar suas respostas, eles pesquisam, questionam, selecionam informações, testam hipóteses, analisam dados, concluem e argumentam. Outro ponto positivo é o estímulo da curiosidade, criatividade e raciocínio lógico que são atributos essenciais num ambiente de ensino.

Zômpero e Laburú (2011) ao analisar os princípios teóricos das diferentes concepções do EI (aprendizagem por descoberta, aprendizagem por projetos, resolução de problemas, questionamentos, etc.) salientam uma centralização na problematização e investigação de situações intrigantes com vistas na resolução de problemas e no levantamento de novos questionamentos.

O problema decorre de uma questão subversiva que pode ser levantada na sala de aula, em conjunto ou trazida e colocada como desafio para a turma. Clement (2013) aponta “o problema” como fonte de conhecimento científico, pois nele engaja-se o conhecimento preexistente, as suposições, dúvidas e a ignorância sobrepujada. A qualidade do problema e o nível de interesse dos estudantes em sua resolução interferem no processo investigativo.

O EI tem como alicerces a desconstrução e o confronto entre explicações cotidianas e científicas. Desse modo, as perguntas devem ser respondíveis³, comparativas, sedutoras, simples e diretas para atrair a curiosidade do aluno engajando-o no processo de investigação. A edificação de possíveis respostas para os questionamentos despertados pressupõe o levantamento de hipóteses que são colocadas em discussão no grupo promovendo o processo

³ Perguntas respondíveis não se restringem a uma elite intelectual, e no caso específico desse estudo abordam conteúdo questionável que esteja no nível cognitivo do aluno.

argumentativo (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017). Em qualquer área, destaca-se que atualmente não devemos aceitar tudo que é posto sem estudo e reflexão prévios. Assim sendo, o desenvolvimento da habilidade de questionar e argumentar faz-se necessário para a formação do aluno.

No EI a problematização é o combustível das aulas, e a pesquisa a trajetória percorrida para se chegar ao destino que não é preestabelecido. A “solução” é uma incógnita que pode ser desvendada em um debate na sala de aula (ou outro ambiente), em uma busca virtual, no manejo de materiais pedagógicos, no estudo individual da temática, etc. Esta abordagem didática beneficia a aprendizagem colaborativa e pode ser aplicada com a organização da turma em equipes, favorecendo a socialização e troca de ideias. No trabalho grupal integrado ao EI, o desenvolvimento da argumentação encontra terreno propício, pois se tratam de construções coletivas, dialogadas, o que permite intervenções e incorporação de diferentes opiniões e saberes, a exemplo do que acontece na própria ciência.

Ferraz (2015) acentua em sua obra a existência de uma cultura escolar provida de normas, regras, práticas e valores que a integram. O pesquisador sublinha a distinção de intuições e métodos entre pesquisas que ocorrem nos meios científicos e escolares. Ao realizar uma investigação ou buscar solução para um problema, a experiência e conhecimentos prévios do pesquisador devem ser considerados em ambos os casos. Entretanto, no intercurso de uma pesquisa em sala de aula, os recursos disponíveis, a habilidade para interpretar /avaliar evidências, levantar hipóteses fazem integração entre a cultura científica e escolar. Uma solução que parece razoável em um contexto pode não ser aceitável em outro. Deste modo, a discussão e verificação dos vários fatores relacionados ao problema são essenciais.

Valle (2014) apresentou aos estudantes uma problemática com algumas hipóteses. Após eles se apropriarem do problema, deveriam escolher uma hipótese e justificá-la. Não obtendo êxito, poderiam trocar a hipótese. A pesquisadora percebeu como ponto a ser aperfeiçoado em seu estudo o fato de não ter oportunizado aos discentes o levantamento de suas próprias hipóteses, já que estas seriam a ponte entre os conhecimentos prévios e os que estavam em construção.

O EI vislumbra, por conseguinte, uma transição entre os modelos disciplinares que adestram e outros que inquietam, pois abre espaço para a assimilação e acomodação a partir de materiais significativos para o aluno. Não é como se existisse uma grade que separasse um tópico da física de outras questões alusivas a ele, desse modo as expectativas pedagógicas são amplificadas. Anuncia-se uma progressão de processos instrutivos disposta a concepção do

aprendizado multidisciplinar que não se prende aos métodos de ensino inflexíveis. Valoriza-se a caminhada do aluno e até mesmo seus desacertos contribuem para o ganho cognitivo ao final da investigação, a exemplo do que ocorre na cultura científica.

A argumentação é uma prática presente em sala de aula durante situações investigativas, uma vez que, conforme um dos pressupostos do EI, o processo de resolução de um problema possibilita a emergência de múltiplos recursos elaborados pelos estudantes, os quais em busca de convencer o outro sobre seus pontos de vista, envolve-se na construção do conhecimento passando não só a reconhecer afirmações duvidosas e contraditórias, bem como a identificar e confrontar evidências com teorias científicas (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Ferraz e Sasseron (2017) avultam o valor da constituição em espaços educativos, de circunstâncias que ampliem capacidades argumentativas dos alunos. Acreditam que o exercício da argumentação remeta os estudantes à racionalidade da ciência e compreensão de conceitos científicos. Outros autores tonificam esse ponto de vista selecionando a argumentação como elemento central dentre as inúmeras práticas da ciência e, portanto, enaltecedo sua função no EI (DUSCHL; GRANDY, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008; KELLY, 2008).

Destarte, tanto no EI quanto na composição de argumentos a problematização é inevitável. O “problema” ocupa posição de destaque em ambas as circunstâncias, estabelecendo um vínculo gradual entre tais desígnios formativos. O talento para formalizar aos demais envolvidos suas opiniões, favorece sobremaneira o avanço no trajeto investigativo. Assim, o esboço de um percurso aceitável para desemaranhar um problema depende de aceitação dos demais integrantes do grupo e, portanto, da estruturação de bons argumentos.

2.3 A relação professor/aluno e aluno/aluno no Ensino por investigação

O EI constitui uma abordagem didática em concordância com os propósitos vinculados ao ensino de Física. Ferraz e Sasseron (2017) observam como benefícios de sua utilização a construção de uma visão não deformada da ciência e do trabalho científico que abaliza processos cognitivos dos estudantes e patrocina o adiantamento de habilidades comunicativas, do pensamento crítico e do raciocínio lógico permitindo a articulação do

trabalho prático e intelectual. Neste contexto, a relação dos(as) alunos(as) entre si e com o(a) professor(a) é primordial.

Pedagogicamente, o EI encontra-se em conformidade com os padrões educativos atuais que pactuam com ações tais como: planejamento reverso, metodologia ativa, aula invertida e desenvolvimento da argumentação. A altercação entre metodologias tradicionais e o mesmo está no jeito, como as práticas se sucedem, e a obrigatoriedade de posturas diferenciadas por parte de professor e aluno. Torna-se substancial ponderar que o modelo clássico ainda prevalece e os estudantes apesar de contestarem, estão ajustados a ele, e exigem um período de adaptação.

Segundo Scarpa, Sasseron e Silva (2017), o simples fato dos discentes participarem de uma situação investigativa não garante a compreensão integral de determinado conceito, porque essa não é um processo automático e demanda reflexão sobre objetos mentais e reais. A comparação entre as noções familiares e as novas, que serão a base do conhecimento em (re)construção, é prerrogativa para que a aprendizagem se efetive e também se constitui algo bastante particular. Por isso, o papel desempenhado pelos sujeitos e a forma como atuam realiza diversos efeitos no sentido de progredir satisfatoriamente o procedimento investigativo.

Valle (2014) argumenta que a apresentação do conhecimento como um conjunto de fatos estáveis e isolados, não favorece o questionamento das informações fornecidas pelo docente ou pelo livro didático. Deste modo, a postura do professor, como autoridade epistêmica e social, é elementar e contribui efetivamente para o êxito do processo de ensino aprendizagem. No EI, ele deve assumir seu papel de organizador da dinâmica de mobilização dos alunos. Neste sentido, é indispensável que seja mediador das interações viabilizando a construção e solução de problemas, buscando refletir as formas de organização da própria ciência. “Ou seja, o ensino por investigação será de fato investigativo se o professor prover condições para que ele ocorra” (FERRAZ, 2015, p. 25).

Para que se alcance uma boa qualidade argumentativa por parte dos discentes no EI, tem-se como atribuição do educador o estímulo à participação ativa no processo de construção de ideias e o incentivo aos alunos para formular seus pontos de vista, bem como a retomada, a problematização, a exploração, a qualificação e a sistematização de conhecimentos.

O docente precisa manter uma prática reflexiva priorizando o debate consistente a respeito da realidade. Segundo Freire (2000), o trabalho crítico do docente deve auxiliar o aluno

na constituição de uma mentalidade também crítica, questionadora, transgressora, conduzindo-o à autonomia.

O professor não é aquele que disponibiliza as respostas, mas o que impulsiona as perguntas e orienta para que o aluno possa construir e aprender. Bachelard (1996, p.18) reforça tal ideia ao afirmar: “Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”.

Como anteriormente indicado, a metodologia investigativa tem merecido destaque por realizar-se de forma interativa, promovendo o apoio respectivo entre os estudantes. Trata-se de um método dialogal que concede ao aluno a escolha de diferentes caminhos no processo de construção do saber, corrobora para o desenvolvimento da argumentação e, fomenta o protagonismo despertando a consciência para a valorização da conexão entre professor e aluno nessa jornada educativa. O EI se relaciona com a argumentação mediante as ações realizadas pelos estudantes nesta proposta pedagógica (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

Atividades investigativas articuladas ao desenvolvimento da argumentação favorecem o protagonismo no processo educativo, pois:

o jovem é tomado como elemento central da prática educativa, que participa de todas as fases desta prática, desde a elaboração, execução até a avaliação das ações propostas. A ideia é que o protagonismo juvenil possa estimular a participação social dos jovens, contribuindo não apenas com o desenvolvimento pessoal dos jovens atingidos, mas com o desenvolvimento das comunidades em que os jovens estão inseridos. Dessa forma, segundo o educador, o protagonismo juvenil contribui para a formação de pessoas mais autônomas e comprometidas socialmente, com valores de solidariedade e respeito mais incorporados, o que contribui para uma proposta de transformação social (COSTA, 1999, p.90).

Clement (2013) reafirma a importância do ensino por investigação na participação intensa dos estudantes, no desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas, de argumentação, na aquisição da autonomia intelectual e do pensamento crítico. Nesta perspectiva destacam-se suas contribuições associadas à participação estudantil no processo de aprendizado, conferindo aos estudantes maior controle sobre a sua própria aprendizagem.

Logo, verifica-se um consenso metodológico entre EI e “o desenvolvimento da argumentação”, visto que ambos requerem do aluno uma postura influente, bem como, aproxima professor e aluno ao estabelecer parceria e modificar o modelo de aula praticado. E nos moldes do presente trabalho o EI é implantado em grupos de estudantes corroborando para

o diálogo entre eles. Portanto, entende-se que o ensino por investigação possa ser uma ponte para o progresso da argumentação dos discentes e para o confronto entre seus conhecimentos de senso comum e o saber científico.

2.4 A estrutura do argumento e o padrão argumentativo de Toulmin (TAP)

Ao longo da história vários filósofos e cientistas discutiram questões relativas à lógica formal e à retórica. A primeira se firmou em fatos comprovados e certezas, seguiu uma linha extremamente positivista, e alcançou um status inicialmente superior. A segunda, a priori era entendida como a arte de ludibriar, conquistou um ar assaz pejorativo sendo criticada e seu uso menosprezado. Todavia, sofreu uma evolução com o refinamento das análises que envolviam assuntos práticos.

Na lógica formal não existe espaço para interpelações já que todas as informações devem aparecer de forma explícita, se encaixando ao modelo matemático a ser seguido, pois afinal neste ponto de vista, “onde há dúvida não pode haver ciência”. É óbvio que permanece uma lacuna em se tratando de abordagens possíveis e abstrusas as quais não estejam ajustadas a tal padrão e nem por isso se tratam de informações errôneas.

Bachelard (1996, p. 8) ajuíza a necessidade de abandonar o realismo ingênuo das propriedades meramente matematizadas, considerando matemática e experiência, leis e fatos, trabalhando sob o ambiente no nível das relações essenciais que sustentam tanto o espaço quanto os fenômenos. O autor levanta o seguinte questionamento: “Já que o concreto aceita a informação geométrica, já que o concreto é corretamente analisado pelo abstrato, por que não aceitariam considerar a abstração como procedimento normal e fecundo do espírito científico?” Pontua-se, no entanto, seus estudos aplicados ao desenvolvimento do pensamento científico e não especificamente da arte retórica. Mas avista-se uma compatibilidade em sua análise e a de outros autores que figuram na área específica da argumentação.

Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005, p. 1), na ocasião da publicação do “Tratado da argumentação: a nova retórica” promoveu uma ruptura entre as compreensões de razão e raciocínio de Descartes. Para ele a argumentação é própria do ser racional, mas abrange o provável admitindo as incertezas no campo onde se articulam valores abstratos e concretos. O

autor em sua obra manifesta que a retórica traz consigo a vantagem de incluir os questionamentos, o pluralismo de valores e ideias.

Portanto, com o passar do tempo a retórica passou a ocupar lugar no campo filosófico e ser entendida num aspecto divergente da racionalidade cartesiana do conhecimento. Assim, o seu caráter inconveniente foi atribuído a “ética” de quem a utiliza com a intenção de vencer a qualquer custo um debate, e não a sua arte propriamente dita.

Aristóteles e Perelman contribuíram bastante para que a sociedade científica tivesse um novo olhar sobre a arte retórica. Um aspecto essencial em seu julgamento é a capacidade dos interlocutores de perceberem a diferença no discurso de alguém disposto a desenvolver conhecimento em determinada área e outro que deseja apenas tapear. Ressalta-se a importância da harmonia de interesses do auditório com o orador na solução de um problema.

Meyer (2007), por sua vez, assinala que não há discurso sem retórica. No meio jurídico repleto de argumentações incoerentes, nas situações mais inusitadas da vida, ou na arte de um poeta, a comunicação encontra-se em conformidade com a retórica. O autor entende a retórica como uma argumentação condensada que embora seja digna de cuidados, também proporciona caminhos importantes na revelação e definição de vários tópicos.

O histórico até aqui oferecido denota uma transformação no meio científico no que diz respeito à argumentação. Entende-se que a área de atuação e as finalidades de determinado projeto possam direcionar para a utilização de um aporte teórico positivista ou optar por uma linha mais flexível sem que se perca o rigor indispensável na validação dos resultados obtidos.

Outrossim, o conceito de argumento pode sofrer algumas alterações de acordo com a proposta sintética de cada autor e seu campo de atuação. No entanto, a conceituação construída por alguns pesquisadores da área (ERDURAN, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008; KRUMMHEUER, 1995; VAN EEMEREN, 1996) se ajusta às asserções desta pesquisa, assim nos apoiaremos em tais vertentes. O argumento é a exposição proposital de um pensamento durante ou após sua elaboração. Relaciona-se à capacidade de articular dados e conclusões, avaliando premissas teóricas à luz de experiências cotidianas e outras fontes diversas. Constitui-se em uma atividade social, intelectual, verbal e/ou não verbal, de grande eficiência na sustentação ou refutação de opiniões. Engloba um conjunto de alegações que são dirigidas a um público alvo com finalidade de obter aprovação de um ponto de vista. O conteúdo do argumento expõe teorias, dados, justificações e conhecimentos básicos. A habilidade de

associar esses elementos profere qualidade ao argumento e desempenha um papel de destaque na formulação de teorias, explicações e modelos.

Toulmin (2006) aponta o distanciamento da lógica formal em relação aos usos práticos da lógica assinalando a necessidade da inquisição de outros modelos para avaliar argumentos práticos. Essa ressalva se justifica pela utilização coloquial da argumentação nas mais diversas situações e setores. Nem sempre a construção do argumento segue uma estrutura coerente com os paradigmas impostos. Pontos de vista são colocados, decisões proferidas, fatos expostos, valores e crenças enunciados, muitas vezes de maneira desordenada e corriqueira, sem a preocupação de se ajustar a uma norma científica.

Toulmin questiona a eficácia de argumentos lógicos quando aplicados em situações usuais dizendo que:

De fato, como descobriremos a ciência da lógica, em toda sua história, tendeu a se desenvolver numa direção que a afastava destas questões, para longe das questões práticas sobre o modo como temos ocasião de tratar e criticar os argumentos em diferentes campos, e na direção de uma completa autonomia, em que a lógica se torna estudo teórico autônomo, tão livre de preocupações práticas imediatas quanto certos ramos da matemática pura (TOULMIN, 2006, p. 3).

Comprovada a impotência da lógica formal Toulmin (1972) propõem a consideração das mudanças conceituais, experiência histórica e psicossocial autênticas dos cientistas e a enorme diversidade de normas racionais aceitas nos diferentes meios socioculturais como ponto de partida para novas variantes sugeridas. Suas ideias atendem ao progresso do conhecimento nevrágico e abortam critérios universais para medir a validade do argumento.

Nesse viés, Breton (1999) busca regularidades entre os argumentos nas variadas circunstâncias, e afirma que a convergência entre os códigos empregados pelo orador e o auditório confere de certa forma validade ao argumento. Outra estudiosa destaca a índole contraditória da argumentação, e defende a consideração de alternativas opostas às afirmações colocadas como necessárias a estrutura consistente do argumento. Formalizando uma articulação entre argumento e contra-argumento de forma proativa (KUHN, 1993).

Rezende (2010, p.111) faz uma breve retrospectiva da retórica fundamentada na obra de autores como Perelman, Toulmin e Meyer e conclui: “a qualidade conferida a um argumento, fazendo-o digno de crédito e confiança, é influenciada tanto pela autoridade de

quem fala, como pelos indícios que servem de base ao argumento.” Mas como produzir argumentos? Existe um modelo básico que possa auxiliar tal tarefa?

Segundo Toulmin (1958, p.136), um argumento é como um organismo: tem uma estrutura bruta, anatômica, e outra mais fina e, por assim dizer fisiológica. A estrutura de um bom argumento não é única, pois depende do seu contexto de origem. Ele pode ser bastante simples ou mais elaborado.

Em sua composição básica está o dado “D” que são os fatos aos quais se recorre como fundamentos para as alegações, ou seja, é a base para a asserção original. Sem o dado não existe argumento. Ele é colocado de forma explícita. Conforme o desenrolar das convicções surgem garantias “G”, as quais autorizam a passagem dos dados para a alegação, isto é, são afirmações hipotéticas que permitem a inferência. Sua função é explanatória, procura registrar e autenticar as alegações postas. As garantias são tomadas implicitamente. Já a conclusão “C” são alegações que se procura justificar. Em um argumento simples os elementos fundamentais são o dado (D), a conclusão (C) e a garantia (G). É possível apresentar um argumento contando apenas com esses elementos, cuja estrutura básica é: “a partir de um dado D, já que G, então C”. Na figura 1, verificamos a estrutura de argumentos constituídos apenas com os elementos essenciais do TAP.

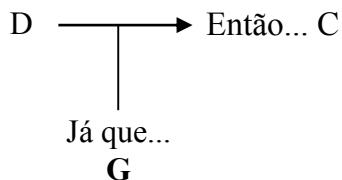


Figura 1: Padrão argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006)

Em alguns casos, o argumento pode ser mais emaranhado contando com o apoio “A” que é outro aval para dar suporte à garantia, e depende do contexto do campo de argumentação em questão. Ele deve ser retirado de uma informação básica e pode ser expresso com afirmações categóricas ou dado invocado em suporte direto. Os apoios têm origem bastante diversificada. O autor supracitado intitula campo-dependência a variabilidade do apoio das garantias.

Há ainda diferentes tipos de garantias as quais conferem distintos graus de força ao argumento, são os qualificadores modais “Q” que avigoram a declaração (necessariamente,

provavelmente, presumivelmente, etc.). Um detalhe relevante é a diferenciação entre a afirmação de uma garantia e sua aplicabilidade. Já os refutadores “R” revelam o imperativo de abandonar as garantias descartando sua autoridade por mostrar condições, invalidando-as. O qualificador “Q” é o elemento chave na avaliação de um argumento e o veredito depende do sujeito e da comunidade de falantes que o avaliam. Apreciando a autoridade dos subsídios limitativos (R) e aprovativos (G e A), o qualificador amortece ou avigora a conclusão.

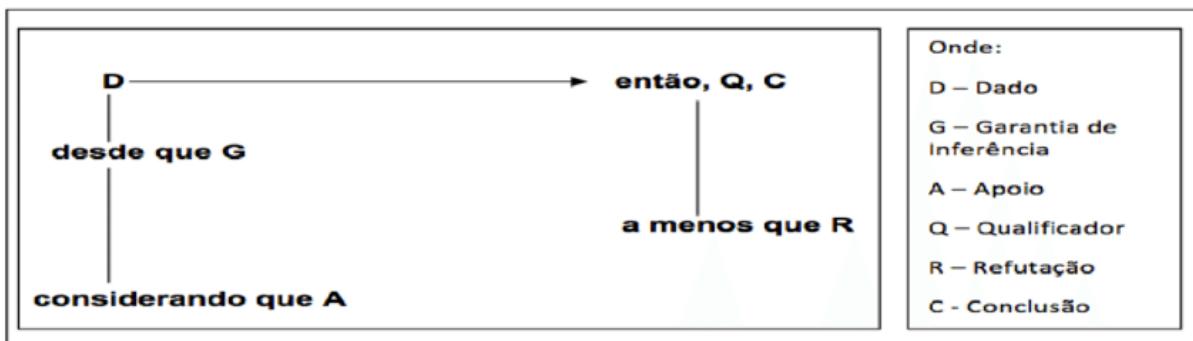


Figura 2: Padrão argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006)

A Figura 2 traz um diagrama visual do que foi acima citado, o arcabouço de um padrão para ponderar argumentos. A seta indica a ligação entre os elementos que o compõem. Não se trata de um esquema engessado, pois admite versatilidade em sua disposição. Assim, abraça desde os argumentos mais simples aos mais complexos, e confere ao desenho referido praticidade em várias situações. Através deste padrão o desafio lançado por Toulmin é fugir das imposições de um método “adequado” apreciando com integridade as diferenças que possivelmente aconteçam.

O padrão argumentativo de Toulmin (2006), apesar de não ter sido instituído de maneira específica para a área da educação, é uma ferramenta valiosa neste contexto podendo ser ajustada às condições vivenciadas em sala de aula. Permite uma análise com base em seis elementos lógicos fundamentais (Dado, Garantia, Apoio, Qualificador, Refutador e Conclusão). Nota-se que o modelo em questão considera o discurso monogerido, entretanto o qualificador representa uma possibilidade de estabelecer o diálogo e dinamismo ao processo argumentativo (PLANTIN, 2005).

Ao ponderar os prós e contras do TAP alguns pesquisadores da área justificam sua utilização relacionando as características do discurso aos aspectos centrais da argumentação

científica (CAPPECHI; CARVALHO, 2004). E apesar de apresentar limitações contextuais, as vantagens de seu uso são evidentes e sobressaem a esses delineamentos. Assim sendo, o padrão de Toulmin tem merecido destaque na conjuntura do ensino de ciências, no sentido de nortear a ação docente, com vistas no desenvolvimento da habilidade argumentativa dos estudantes.

Conforme o exposto, o TAP pode ser adaptado a situações de ensino e alguns requisitos delimitados para que se possam classificar argumentos estudantis com legitimidade. Zohar e Nemet (2002) cumpriram tal intento com o desígnio de verificar a qualidade de argumentos escritos por alunos, quanto à estrutura e ao conteúdo. Os autores avaliam como um argumento “forte”, aquele capaz de apresentar garantias suficientes conectadas a uma conclusão que esteja vinculada a fatos e conceitos científicos específicos, verdadeiros e proeminentes. Um argumento “fraco” seria aquele estabelecido de garantias irrelevantes. As garantias são por eles observadas em relação ao nível de conhecimento científico incluído, a saber: a não consideração de conhecimento científico; erros no conhecimento científico; conhecimento científico não específico; conhecimento científico correto.

Por outro lado, Erduran, Simon e Osborne (2004) sugerem um artifício de análise da qualidade dos argumentos a partir da observação dos elementos componentes do argumento, segundo o TAP. Para eles as combinações com maior número de componentes constituem argumentos mais bem-idealizados. Portanto, um argumento que apresenta “conclusão/dado/garantia” é menos aprimorado que outro com “conclusão/dado/garantia /refutação”. Destarte, os autores recomendam combinações de componentes, como ordenação de complexidade do argumento:

- CDG (conclusão/dado/garantia),
- CDGA (conclusão/dado/garantia/apoio),
- CDGR (conclusão/dado/garantia/refutação),
- CDGQ (conclusão/dado/garantia/qualificador),
- CDGAQ (conclusão/dado/garantia/apoio/qualificador),
- CDGAQR (conclusão/dado/ garantia/apoio/qualificador/refutação).

Contudo, percebe-se que esse método desconsidera a frequência dos elementos do TAP; assim um argumento com duas ou mais garantias teria a mesma classificação daquele com apenas uma.

Na presente pesquisa almejou-se uma verificação estrutural do argumento, de modo que nos inspiramos no método de Erduran, Simon e Osborne (2004) com alguns ajustamentos

referentes à frequência dos elementos e ainda uma análise epistêmica que será baseada no modelo sugerido por Zohar e Nemet (2002), este para averiguação dos conhecimentos científicos presentes nas falas estudantis e explicitação da utilização prática dos conceitos por eles abordados. O quadro a seguir ilustra o detalhamento dos critérios que foram por nós utilizados:

Quadro 1: Critérios de análise dos argumentos estudantis

Critério	Nível	Descrição
Estrutura do argumento (de acordo com o TAP)	1	CDG (conclusão/dado/garantia)
	2	CDGA (conclusão/dado/garantia/apoio) CDGR (conclusão/dado/garantia/refutação) CDGQ (conclusão/dado/garantia/qualificador)
	3	CDGAQR (conclusão/dado/garantia/apoio/qualificador/refutação)
Observação: A cada elemento repetido a pontuação do argumento foi acrescida de 0,5 até que se atingisse a pontuação de um argumento complexo que se associa ao nível 3.		
Conhecimento científico e contextualização	3	Conhecimento científico com aplicações práticas.
	2	Conhecimento científico contextualizado sem aplicações práticas.
	1	Conhecimento científico não contextualizado.

Fonte: elaborado pelos autores

Espelhamo-nos em Erduran, Simon e Osborne (2004) para distribuir os argumentos em níveis que se associam às questões já antecipadas no roteiro, tais como número e repetição de determinados elementos. Estendemos a metodologia também aos assuntos referentes ao conhecimento científico. O nivelamento consiste em ferramenta principal de análise devido à subjetividade do objeto.

Ressalta-se que os alunos envolvidos no estudo não tiveram conhecimento do TAP nem mesmo foram alertados quanto a esses critérios. Durante a pesquisa em momento algum se abordou técnicas de argumentação com os estudantes. Nossa objetivo maior foi observar seu processo de desenvolvimento no ensino de Física por investigação.

Em relação à composição do argumento: o nível 1 representa o mais simples, com a presença apenas dos elementos básicos do TAP. O 2 é de estrutura mediana e, 3 os mais aperfeiçoados. Os níveis 2 e 3 já apresentam elementos acessórios do TAP. A repetição de elementos foi pontuada até que se atingisse o nível 3 de um argumento com maior completude.

Já quanto à linguagem adotada pelos discentes, atentamos para o ponto de vista epistêmico. Exploramos o domínio específico do conteúdo que engloba definições, conceitos, contextualização e aplicações práticas. O conhecimento científico não contextualizado ficou com nível 1, pois durante a pesquisa este quesito foi colocado a todo tempo e sua ausência caracteriza certa negligência. O conhecimento científico contextualizado sem aplicações práticas teve nível 2 e o conhecimento científico com aplicações práticas e, portanto, contextualizado 3.

A melhor qualidade argumentativa, a nosso ver, não se restringe a apenas um desses prismas, mas à inter-relação entre eles. Por exemplo, não podemos dizer que um argumento é forte se possui muitos elementos, mas suas garantias são insignificantes e este não apresenta uma relação lógica entre os componentes. Por outro lado, um argumento simples em sua representação gráfica pode ter grande profundidade de conhecimentos científicos e ideias bem formuladas. Deste modo, um argumento “ótimo” exige uma ordenação de ideias coerentes, bem elaboradas, conteúdo que indique domínio do falante sobre o tema abordado e estrutura que estabeleça uma correlação lógica entre os elementos do TAP.

2.5 Aspectos relevantes na argumentação

O desenvolvimento da argumentação estudantil está concatenado também as dimensões emocionais e sociais, tais particularidades não devem ser abandonadas. As atitudes de alunos e professores, o ambiente e condições em que esta será alavancada assumem grande magnitude na trajetória e nas repercussões como já comentado anteriormente. Além disso, Maturana (1998) realça que a cognição é modelada pelas emoções, sendo a trajetória cognitiva do aprendiz direcionada pelos seus sentimentos mais do que pelos pensamentos. Deste modo, o pensamento inclui razão e emoção, comprehende o ser humano e seu contexto como uma trama que se influenciam reciprocamente. Entende-se que a argumentação se relaciona às experiências dos estudantes que são produzidas a partir de suas vivências.

Para Libâneo (1994), a aprendizagem escolar está vinculada com o meio social não apenas no que tange a realidade vivenciada pelos estudantes, mas também em termos de organização interna da sala de aula. Nota-se que sua visão e entendimento das matérias geralmente estão articulados com o gostar de estudar e da escola. O desenvolvimento de

habilidades é potencializado ao despertar significado nos estudantes, a partir de suas experiências sociais e familiares.

Na área de Educação existe um grande interesse na intensificação de aspectos que estimulam o processo de ensino/aprendizagem. Um dos fatores que tem gerado alerta constante aos docentes é a falta de entusiasmo dos alunos. O raso nível de envolvimento pessoal na execução de determinadas atividades, ou seja, a indisponibilidade de recursos pessoais (tempo, energia, talento, conhecimentos, habilidades, entre outros) tem sido motivo de preocupação das equipes pedagógicas. Alguns autores que citaremos a seguir apontam o coeficiente social atado ao conteúdo a ser explanado como ocasional na alteração das atitudes discentes e no desenvolvimento de sua argumentação. Para eles subsiste a conveniência no encontro por parte do estudante de um motivo literal para a obtenção de determinado conhecimento.

As demandas recentes requerem propostas didáticas atualizadas com o foco no exercício da cidadania. Segundo Palmer (2005) a incitação dos estudantes se relaciona às características contextuais apresentadas pelos conteúdos. Nessa resenha, a habilidade argumentativa assume lugar enfático, pois um cidadão que se preze deve saber se situar em múltiplos momentos. Tal ação resulta em aulas com estratégias pedagógicas focadas na significação de conceitos aprendidos em classe para a resolução de problemas do cotidiano.

Para Vygotsky (1998, p. 34):

Deve-se ressaltar o valor da significação dos conceitos, pois os mesmos são compreendidos quando relacionados à realidade vivenciada e mediados pela linguagem. Possibilitando assim sua (re) elaboração na mente dos indivíduos e influenciando as suas atitudes no meio cultural.

O aluno participa ativamente do processo de edificação dos conceitos e por sua vez devem estar ligados aos conhecimentos habituais, contribuindo para a construção de saberes mais sistematizados. Logo, saber física corresponde a utilizar instrumentos conceituais para dialogar com o mundo em vários níveis do seu contexto.

Nesse sentido, Bellucco (2015) argumenta que a comunicação deve proporcionar a significação dos conceitos em nível cognitivo e social. O autor adverte que a linguagem científica pode ter diferentes significados para diferentes pessoas conforme sua interpretação. Esse fator amplia a reflexão sobre a aprendizagem enquanto participação na cultura científica.

Moraes (2010) esclarece que os espaços de aprendizagem devem ser acessíveis a fluência de informações, porque a imaginação, a emoção, o desejo e as interações com os objetos de conhecimento e com os participantes entre si carecem ser priorizadas no ensino. Essas interações, por sua vez, são intercedidas pelos processos cognitivos, e estes são compostos pelas atitudes, emoções e sentimentos. A sensação de estar confortável consigo mesmo(a) em um ambiente repleto de novidades e avaliações decerto surtirá melhores produtos.

Navas (2010) tonifica as inquições retratadas frisando a urgência dos estudantes serem atendidos em suas necessidades básicas e ressalva que seus sentimentos devem ser observados durante o processo de crescimento como cidadão. Coloca por fim, o professor como parte medular para o alcance do amadurecimento cognitivo e autonomia pelos discentes.

Diversos estudiosos defendem a ideia de que quando as necessidades psicológicas básicas do indivíduo (autonomia, competência, pertencimento) são satisfeitas o seu desempenho é melhor e este enfrenta com ânimo as circunstâncias desafiadoras (RYAN; POWELSON, 1991; RYAN; STILLER; LYNCH, 1994; REEVE; JANG, 2006). As necessidades psicológicas são próprias de cada indivíduo, e quando tais características psíquicas se articulam com os anseios e valores, as fontes de atividades intrínsecas de cada um são instituídas (CLEMENT, 2013).

No presente estudo não se objetiva aferir a intensidade da dependência que essas questões produzem na construção dos argumentos. No entanto, o discernimento das condições que podem descomplicar sua evolução é substancial. Visto que a qualidade da argumentação é suscetível aos fatores sobreditos, porém, de extrema importância no cenário educativo. Ela contribui para a aquisição da autonomia crítica e cognitiva do estudante.

Entende-se por autonomia crítica e cognitiva uma formação capaz de despertar a curiosidade, a capacidade de descobrir e entender as entrelinhas envolvendo uma oscilação entre fazer e pensar no que se faz. Assim, a autonomia crítica é caracterizada pela busca e a não conformação com os fatos meramente visíveis.

Nessa perspectiva, cabe ao professor aplicar recursos didáticos que cativem o interesse e contentamento em realizar as atividades no âmbito escolar. Como citamos previamente, o trabalho em equipe → aprendizagem colaborativa e a contextualização dos tópicos → significação dos conceitos são ferramentas preciosas para este fim. Além de compor agente indeclinável no aditamento da argumentação.

Para Ferraz e Sasseron (2017), na promoção da aprendizagem colaborativa, a negociação de significados e a relação entre o fazer e o compreender adquirem singular utilidade. Tal como no EI, o processo de desenvolvimento da argumentação se empenha por encontrar significados aceitáveis para os conceitos tratados. Visto que quando o aluno não assimila as acepções apropriadas também não consegue tomar partido sobre o assunto. Para Chalmers:

As novas exigências de conhecimento deverão ser avaliadas em relação ao que já é conhecido ou aceito. Ou seja, elas serão julgadas pela extensão em que for um aperfeiçoamento daquilo que veio antes (CHALMERS, 1994, p. 56).

Numa circunstância de aprendizagem, a interação pedagógica centrada na argumentação através do diálogo proporciona sua (re)significação. A valorização dos posicionamentos discentes é essencial para que este esteja disposto a enfrentar as novidades com coragem. A ação de traduzir em palavras seus pensamentos está incorporada no processo de desenvolvimento cognitivo do estudante. Para Vygotsky:

A relação entre o pensamento e a palavra é um processo vivo; o pensamento nasce através das palavras. Uma palavra desprovida de pensamento é uma coisa morta, e um pensamento não expresso por palavras permanece uma sombra. A relação entre eles não é, no entanto, algo já formado e constante; surge ao longo do desenvolvimento e também se modifica (Vygotsky, 1989, p. 131).

Assim sendo, a argumentação está presente na sondagem acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes, na desconstrução das noções de verdadeiro/falso, nas discussões que ocorrem durante a pesquisa com o desejo de encontrar soluções viáveis. Igualmente, na refutação ou confirmação de hipóteses levantadas e na busca incansável de estabelecer significados as informações acessadas ao longo do processo de investigação.

Nota-se que a argumentação do discente relaciona-se profundamente com tais questões, visto que a constituição do argumento pressupõe ação/reflexão mediante levantamento de dados, verificação de hipóteses e sustentação de conclusões consistentes. Ou seja, requer a atuação do estudante no meio investigado. De tal modo, estabelecer uma relação dialógica é produtivo a fim de propiciar ao aluno o conforto necessário para expressar seus questionamentos e descobertas e também falar o que já sabe.

A argumentação é naturalmente interativa e colaborativa proporcionando a participação empreendedora do educando no processo de ensino. Por assim ser, a mesma constitui-se um elemento fundamental na formação humana e acadêmica do estudante. A habilidade argumentativa pode ser desenvolvida ao se lançar mão de inúmeras estratégias. Entretanto, a qualidade do argumento tem intima relação com questões afetivas e com a alegria no ato de aprender. Assuntos de ordem bastante particular, como por exemplo, a timidez, ou gagueira, podem comprometer a proveniência do aluno para participar das aulas. Logo, no ensino de Física o professor precisa ser perspicaz oportunizando o crescimento intelectivo do educando e sua liberdade moral com o olhar atento as individualidades de cada discente.

O imenso obstáculo encarado hoje na sala de aula é a apreciação da plenitude das pessoas envolvidas no processo de ensino/aprendizagem. Nesse sentido, Moraes e Navas (2010) reforçam a seriedade de conciliar esse processo à base plural e integradora dos sujeitos, evitando a fragmentação conteudista utilizada nos métodos convencionais. Para os autores, metodologias abertas, flexíveis, sensíveis à formação humana e ao pensamento complexo são viáveis nesse parâmetro intervindo diretamente nos resultados de aprendizagem (MORAES; NAVAS, 2010).

Qualificar a argumentação não é tarefa fácil diante da perplexidade das razões que a encerram. Contudo, conclui-se que um dos apanágios da argumentação é o desenvolvimento de ferramentas intelectuais de expressão discursiva, tanto oral quanto escrita. Uma pessoa esclarecida, educada e autêntica seguramente possui contento a fim com a gama de assuntos pronunciados neste item. Para adiante de questões pedagógicas vale ao docente contemplar o cidadão que deseja formar e nomear premissas em sua prática. Perante essas colocações, fica notório que o desempenho estudantil excede o campo pedagógico e a importância da ação docente ao agir com sabedoria a fim de que além de praticar metodologias relacionais, estas também sejam abrangentes, possibilitando o aprendizado de todos os envolvidos.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O ato de pesquisar estabelece uma comunicação reflexiva e criativa acerca da realidade, ampliando possibilidades de intervenção que resultam de (re)elaborações próprias e proporcionam crescimento pessoal e profissional, além de integrar o processo de emancipação do professor pesquisador (DEMO, 2000).

Este trabalho teve como base uma pesquisa bibliográfica para fundamentar as etapas previstas. Pode-se citar como um ponto positivo o fato de o pesquisador ter expandidas suas possibilidades de análise em comparação ao que seria obtido com a cobertura direta do fenômeno em questão. Conforme afirma Gil (1994), esta base amplia a abrangência de subsídios e permite a obtenção de informações dispersas em inúmeras publicações, ajudando na constituição do quadro conceitual no qual o objeto de estudo se configura. Foram aproveitadas as mais diversas fontes, tais como: artigos, livros, teses e dissertações, revistas de divulgação científica, periódicos, etc.

Trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo apresentando algumas características da pesquisa-ação, visto que se baseou na resolução de um problema prático e na produção de conhecimento pela professora pesquisadora que estava inserida diretamente no contexto investigado. Tripp (2005) caracteriza a pesquisa-ação como uma prática reflexiva utilizadora de procedimentos de análise consagrados, acatando aos critérios comuns a outros tipos de pesquisas acadêmicas, para confirmar a ação que se decide tomar a fim de melhorar a prática profissional. Na ponderação sobre a prática algumas ações como enfrentar revisão pelos pares quanto à significância, processos, originalidade e validade vêm enriquecer o processo de estudo e crescimento pessoal. Nesta perspectiva, a aprendizagem e a investigação acontecem simultaneamente às atividades docentes. As práticas que visam entender teorias sobre valores educacionais em situações específicas e atitude de fazer valer o aprendizado no contexto escolar constituem uma forma de pesquisa-ação.

Na pesquisa-ação, para alcançar as metas propostas faz-se necessário relacionar o conhecimento e a ação dos envolvidos (pesquisadores e sujeitos) no contexto pesquisado. Entende-se, ainda, a conexão entre a teoria e a prática bem como a atitude conjunta, benéficas no sentido de despertar para questões sociais relevantes. Concordamos com Elliot (1998, p. 167) que “associa ensino e desenvolvimento do professor, desenvolvimento do currículo e avaliação, pesquisa e reflexão filosófica em uma concepção holística de prática reflexiva educativa”. Destaca-se também a necessidade de fazer emergir a percepção de *professor-pesquisador* como possibilidade efetiva para a melhoria no ensino de Ciências (MOREIRA, 1989).

De acordo com Thiollent (1985) esta integração propicia a ampliação do conhecimento do pesquisador, a reflexão das pessoas que participam do processo e possibilita ainda o debate sobre a temática em questão. Um dos objetivos da pesquisa-ação é criar subsídios para que os participantes sejam capazes de protagonizar.

Dentre as fases da pesquisa-ação, Thiollent (1985) cita a exploratória na qual acontece o diagnóstico do problema e as possibilidades de intervenção, a pesquisa aprofundada quando ocorre a coleta de dados, a ação cuja função envolve planejamento e execução de ações e finalmente a avaliação que permite o resgate do conhecimento obtido.

A pesquisa-ação aprimora a prática através do progresso do discernimento e de circunspeção especializada em situações palpáveis, complexas e humanas. Agrega à averiguação, o aperfeiçoamento do juízo prático e o desenvolvimento das pessoas em seu treinamento profissional (FELDMAN, 2002).

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma escola central da rede pública estadual, na cidade de Coromandel- MG. Trata-se da Escola Estadual “Joaquim Botelho” que recebe um alunado muito diversificado, possuía 1058 alunos, atendendo 13 turmas de ensino Médio e 14 de ensino fundamental (dados obtidos diretamente na secretaria da Escola em 27/03/2019). A instituição preza pela formação cidadã dos educandos e tem sido destaque na SRE de Monte Carmelo nas avaliações externas, estando acima da média de outras escolas do estado de Minas, da SRE e da cidade. O espaço físico é bastante amplo e adequado ao desenvolvimento das atividades pedagógicas. Como aspecto relevante para o desenvolvimento de aulas práticas, destacou-se um ponto negativo, o fato de não possuir ainda um laboratório de ciências e o de informática estava desativado com equipamentos sucateados que não condiziam com o quantitativo de alunos por turma e, portanto, não atendiam às necessidades. Mesmo com as

limitações na sua rede física, é um ambiente acolhedor e conta com a participação dos estudantes no desenvolvimento de seus projetos educacionais.

Participou do estudo uma turma de terceiro ano do ensino médio com 42 alunos. Ela era heterogênea, com alunos de diferentes classes sociais, desenvolvimento escolar, raças e em termos de rendimento, era mediana. O motivo de ter optado pelo terceiro ano deveu-se ao fato de os alunos possuírem uma bagagem cultural e cognitiva mais ampla e variada, bem como o conhecimento das características individuais dos estudantes por parte da professora/pesquisadora que estava com eles desde o primeiro ano do ensino médio. A turma foi escolhida de forma aleatória. Os alunos incluídos na pesquisa foram nomeados de acordo com sua disponibilidade/interesse em contribuir com os passos da mesma, seu período escolar e por trabalharem e vivenciarem o tema do estudo de caso da investigação. Não foram incluídos alunos que não estavam relacionados à temática, os que se negaram a participar ou não estavam matriculados na turma/série selecionada.

O trabalho pedagógico acompanhado e investigado foi desenvolvido em cinco etapas descritas a seguir: A primeira etapa pressupôs refletir sobre o contexto em que o trabalho se originou, passando pelos objetivos de aprendizagem e a organização das ações e recursos. Nessa perspectiva, a sensibilização e motivação foram imprescindíveis, assim o primeiro passo foi a apresentação do projeto aos alunos falando da importância da argumentação nas nossas vidas, e associando o progresso pessoal/profissional ao desenvolvimento dessa habilidade.

A segunda etapa constituiu-se na organização da sala em equipes, escolha dos temas e introdução do ensino por investigação. A terceira etapa proporcionou uma maior integração entre professora/pesquisadora e alunos através da monitoria dos trabalhos desenvolvidos pessoal e/ou virtualmente. A quarta etapa contou com a apresentação de seminários sobre os temas trabalhados onde se destinou especial atenção para as questões de pesquisa. A quinta etapa visou relacionar a qualidade da argumentação apresentada ao ensino de física por investigação e a eficácia da metodologia aplicada.

As fontes de dados utilizadas foram: registros dos áudios das apresentações dos estudantes e o diário da prática pedagógica da professora pesquisadora. Os áudios gravados foram das apresentações de seminários que aconteceram durante quatro aulas, sendo cada uma de cinquenta minutos, no segundo bimestre do mês de junho na própria sala de aula. No diário de prática pedagógica (DPP) da pesquisadora foram registrados os principais aspectos observados e as impressões mais significativas.

O DPP é um documento onde o professor externa seus sentimentos e percepções acerca do processo de ensino. Geralmente, os relatos trazem detalhes muito particulares que passariam despercebidos em outras técnicas de coleta de dados. Nesse viés, o DPP caracteriza-se como instrumento de acompanhamento e avaliação crítico-reflexiva da prática pedagógica possibilitando reconstrução de ações e atribuindo-lhes razão e sentido (USTRA; PACCA; TERRAZZAN, 2016).

Sampieri, Collado e Lucio (2013) utilizam uma nomenclatura diferente, o diário de campo, que pelas descrições induzimos ser documento análogo ao DPP, e acentuam a importância no detalhamento das anotações em relação à descrição de lugares, tempos e atitudes dos participantes. Segundo eles, as mesmas devem discriminar de formas descritivas, interpretativas, temáticas e pessoais. Para os autores, esses dados são marcantes no campo da pesquisa qualitativa quando o investigante se preocupa com o sentido das experiências e valores humanos, com o ponto de vista interno e particular das pessoas bem como da busca de um ângulo mais contíguo dos participantes.

Ustra e Terrazzan (2000) igualmente apontam as diferentes denominações empregadas para o DPP e reforçam sua reputação na coerência das ações professorais. Indicam ainda que o diário possua finalidades instrutivas e não punitivas e constitui-se num mecanismo manuseado intentando o desenvolvimento pessoal e profissional. Para os autores o conteúdo do DPP não se limita aos registros dos acontecimentos de sala de aula, mas são incorporados por comentários, explicações, análises acerca das dificuldades, variações cogentes e percepções pedagógicas.

O DPP retrata a experiência do educador na aplicação do seu planejamento e possibilita captar as causas de falhas e sucessos no processo de ensino. Contudo, um alerta deve ser dado para que o mesmo tenha validade-representatividade: São desaprovadas anotações às quais venham ao encontro excepcionalmente dos seus próprios anseios, não representando a veracidade dos fatos ocorridos.

Destaca-se que o DPP é aparato fundamental no cenário da pesquisa-ação no qual impera a figura do professor/ pesquisador como protagonista. Os dados dali extraídos já expressam de certa forma as noções do docente no ambiente pesquisado. As anotações certamente engrandecem os resultados de análise permitindo ao professor o acompanhamento crítico de sua prática. Tal ação deve ocorrer de forma centrada, tendo como parâmetro critérios imparciais para conferir validade às conclusões.

O protagonismo docente ocorreu no âmbito da pesquisa e do trabalho pedagógico, através do planejamento criterioso das atividades e na preparação prévia para concessão de ajuda ajustada aos estudantes. Contudo, o protagonismo discente faz parte da essência do EI. Assim, durante as aulas, o protagonismo foi garantido aos alunos no processo de investigação e construção do conhecimento.

Posteriormente, os dados foram transcritos e analisados utilizando elementos da Análise de Conteúdo, para sua interpretação e compreensão. A Análise de Conteúdo tem por finalidade explicar e sistematizar o conteúdo da mensagem e o significado deste conteúdo por meio de deduções lógicas e justificadas tendo como referência sua origem e o contexto ou efeitos dessa mensagem. Seus principais objetivos são a diminuição das incertezas e o enriquecimento da leitura.

Para Bardin (2011, p. 26-27):

na análise quantitativa, o que serve de informação é a frequência com que surgem certas características do conteúdo. Na análise qualitativa é a presença ou ausência de uma dada característica de conteúdo ou um conjunto de características num determinado fragmento de mensagem que é tomado em consideração.

Utilizamos ainda como metodologia complementar o padrão argumentativo de Toulmin, pois este permite a avaliação da solidez do argumento possibilitando estabelecer comparações com flexibilidade lógica, e compreensão da argumentação no pensamento científico. Toulmin (2006, p. 2) deixa-nos a seguinte reflexão: “Que ligações há entre os cânones e métodos que usamos quando, na vida do dia a dia, avaliamos, de fato, a solidez, a força e o caráter conclusivo de argumentos?”

A partir dessa análise, foram configuradas as categorias que permitiram a classificação do material coletado e reunião deste por grupos de elementos sob um título comum em razão das características compartilhadas. Essa tarefa solicitou uma investigação acerca das particularidades dos dados a fim de inventariá-los e reparti-los de forma coerente. A análise de conteúdo estabelece por inferência o conhecimento de índices invisíveis ao nível dos dados em bruto, visto que fornece informações suplementares ao leitor crítico de uma mensagem (BARDIN, 2011).

Finalmente, todo o material foi criteriosamente explorado e apresentado em texto dissertativo evidenciando os resultados obtidos tanto na aquisição de conhecimentos quanto em relação à transformação da prática pedagógica da pesquisadora.

Com o intuito de organizar as ações planejadas e cumprir os prazos estabelecidos pelo PPGED/UFU, fixamos um cronograma. O desenvolvimento das atividades didáticas e registros no DPP iniciaram em maio de 2019 e ocorreram até novembro de 2019. A gravação dos áudios ocorreu nos meses de junho e julho de 2019 e ainda em outubro e novembro de 2019. Simultaneamente ao desenvolvimento das atividades pedagógicas e coleta de dados, fizemos sua tabulação e análise. Logo após, nos envolvemos na elaboração da versão preliminar do relatório de pesquisa. A explanação dos resultados do estudo na Escola Estadual “Joaquim Botelho” ocorreu em fevereiro de 2020, concomitante com a elaboração da versão final do relatório de pesquisa.

Intencionamos trazer contribuições para a área de Educação relativamente ao desenvolvimento da argumentação pelos estudantes num contexto de ensino por investigação nas aulas de física. Estabelecemos categorias de análise que permitiram a configuração de limites e possibilidades reais para o trabalho pedagógico.

Compreendemos que pesquisas desta natureza, especialmente no âmbito da pesquisa-ação, permitem uma discussão/reflexão sobre os sentidos dados à prática docente e sua articulação com iniciativas de compreendê-la e promover a melhoria do ensino de física. Nesse contexto, as categorias estabelecidas ajudaram a compreender as contribuições da investigação ao próprio desenvolvimento profissional da professora pesquisadora, mas também para o processo de ensino-aprendizagem em Ciências/Física de forma mais ampla.

Destaca-se, ainda, nossa determinação de agir conforme as normas de segurança previstas nos casos específicos de pesquisas envolvendo seres humanos. Nosso projeto passou pela apreciação do Comitê de ética em pesquisa (CEPE) com o registro de número 13655919.2.0000.5152. E após as adequações necessárias foi aprovado e reconhecido como relevante.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 Organização dos grupos e escolha dos temas

Inicialmente a professora/pesquisadora conversou com a turma sobre os objetivos do atual projeto e estabeleceu parcerias tanto no sentido de engajamento quanto de possibilidades de contestação e enriquecimento das ideias iniciais. Pintrich (2002) sublinha a relação professor-aluno considerando-a como profundamente hábil para entusiasmar os estudantes nos afazeres escolares e sua pretensão de perseverar nelas.

A organização da classe em grupos ocorreu de forma bastante tranquila, sendo que a docente apenas fixou o número de alunos por grupo deixando-os livres para se reunirem conforme suas afinidades, habilidades e conveniências. O número de componentes em cada equipe foi determinado levando em consideração as aulas disponíveis para os seminários sem nenhum comprometimento de outros temas previstos no planejamento escolar a serem ministrados.

O trabalho em grupo, em diversas ocasiões, é visto como uma forma de “desleixo” estudantil. Muitos alunos entendem mais como uma chance de conseguir nota ou responder um problema sem muita diligência, pois existe “o colega que faz”. Assim, a professora/pesquisadora colocou os critérios nos quais a investigação deveria acontecer. No diálogo com os estudantes enfatizou o trabalho em equipe como uma oferta, dando a eles oportunidade de explorar seus potenciais de maneira confortável, por conseguinte deveria acontecer uma divisão de tarefas. Cada um poderia se responsabilizar por algo mais próximo às suas habilidades e, se não fosse o caso, contaria com ajuda dos demais. Apesar de a pesquisa ocorrer em grupo, foi acordado que a nota atribuída à atividade seria individual e dependeria da participação nas monitorias, em cada parte do processo de investigação, na organização e desempenho nos seminários.

A escolha do tema a ser pesquisado foi democrática, os discentes fizeram opção entre dois capítulos do livro adotado: Tecnologia das Comunicações ou Física Nuclear. Definiu-se o tema de pesquisa pelo capítulo de Física Nuclear através de votação aberta e a maioria dos estudantes justificou sua preferência. Neste momento constatou-se o grande interesse da turma por temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) que nem sempre são abordados nas aulas do ensino médio.

A Física Nuclear é um ramo dedicado ao esboço de fenômenos físicos relativos aos núcleos atômicos, como transições de energia, decaimentos radioativos, fissão e fusão nuclear, entre outros. O estudo da Física Nuclear envolve o desenvolvimento de modelos que expliquem o funcionamento dos núcleos atômicos e sua constituição, aplicações da energia nuclear em tratamentos médicos, desenvolvimento de tecnologias para detectar a radiação, novas fontes de energia, etc.

A Física nuclear é um tópico elencado na unidade II de Física Moderna e Contemporânea no livro didático adotado. Entre os objetivos gerais ressaltados pelos autores está a compreensão da estrutura do núcleo atômico e os mecanismos explicativos do fenômeno da radioatividade. De forma específica, espera-se que os alunos identifiquem a ocorrência da radioatividade na natureza, por exemplo, nos alimentos, e a importância de sua aplicação na Medicina, assim como a geração de energia elétrica a partir da energia obtida nos reatores de fissão termonuclear. Além disso, pretende-se levá-los a conhecer os efeitos biológicos e ambientais das emissões radioativas e a raciocinar criticamente no que se refere ao uso da energia nuclear, considerando tanto os benefícios (que incluem aspectos de natureza econômica e social) quanto os riscos envolvidos nesses processos (TORRES et al., 2016).

Os PCN (BRASIL, 2006, p. 61) salientam a importância da temática no cotidiano evidenciando a enorme dependência de tecnologias baseadas na radiação para o avanço da microtecnologia. Relata que a inserção desses assuntos no Ensino Médio contribui para o desenvolvimento de inúmeras competências de ordem prática e ainda para “um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporâneas, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre ética e ciência”.

A despeito do mito de ser um assunto difícil, este foi o tópico escolhido pelos alunos participantes da pesquisa. Nossa realce na temática deve-se principalmente a esse fato, entretanto a Física Nuclear não será objeto de análise e sim a argumentação que se desenvolveu no ambiente investigativo tendo-a como centro. Percebe-se o enorme interesse em relação à temática, mesmo estando cientes da profundidade, pois se trata de um estudo dependente de

muita dedicação por englobar temas com elevado índice de abstração. Conforme combinado com os alunos no momento da escolha, o capítulo do livro foi dividido em subtópicos e sorteados entre os grupos, que contavam com sete componentes.

Assim, os subtópicos sorteados entre as equipes foram os seguintes:

- 1) Introdução - Núcleo Atômico
- 2) Radioatividade – Lei do decaimento radioativo
- 3) Fissão nuclear e Fusão nuclear – Rejeitos radioativos
- 4) Acidentes Nucleares e o uso da Radioatividade
- 5) Um pouco de evolução estelar – forças fundamentais da natureza
- 6) Partículas fundamentais da matéria-antimatéria – Um pouco de Cosmologia.

A chance de escolha tanto do capítulo a ser pesquisado quanto dos grupos de trabalho, desencadeou grande ânimo no desenvolvimento das atividades propostas. Ambas as ocorrências foram inovações para a turma e patrocinaram uma atuação singular dos discentes.

A organização do tempo escolar foi um grande desafio na aplicação da metodologia proposta. Compromissos assumidos pela escola, sem comunicação prévia, referente à participação dos alunos em vários eventos, que coincidiram com nossa pesquisa, restringiram as possibilidades no preparo dos seminários. O fato de serem apenas duas aulas semanais e uma fração destas se destinar ao preparo do Datashow e a disposição da turma conforme planejamento de cada grupo reduziu o tempo efetivo de aula causando bastante estresse tanto nos alunos quanto na professora/pesquisadora. Atrasos em aulas anteriores, que em outros momentos passavam despercebidos, acarretaram muitos prejuízos. A obrigatoriedade de cumprir os prazos estabelecidos quanto ao fechamento do bimestre e entrega de resultados, associado aos fatores mencionados acima amortizaram os recursos que poderiam ter sido utilizados.

4.2 Os desdobramentos das atividades didáticas

As atividades didáticas (AD) constituem-se na materialização de um conjugado de procedimentos peculiares favoráveis na circunstância de ensino-aprendizagem e, medeiam a

relação entre os alunos e um tópico de estudo, contemplando as aspectos sociais inseparáveis no ambiente pedagógico.

Para progressão das AD, na presente pesquisa, não foi elaborado um roteiro fechado, já que a intenção era desenvolver a investigação a partir da problematização advinda do processo nos grupos de estudantes. E reflexamente optou-se por um modelo de aula desobstruído de regras convencionais dando maior liberdade aos alunos através de um plano flexível. Obviamente, o fato de não haver uma receita para seguir, não excluiu a necessidade de estabelecer metas específicas para serem alcançadas ao longo da atividade.

Villani e Pacca (1997) destacam a seriedade do conhecimento científico do professor atrelado ao planejamento didático e sua habilidade na execução. Identifica-se uma harmonia destes aspectos com orientações didático-pedagógicas específicas para o EI. Estes autores avivam, em sua perspectiva, algumas tarefas elementares que concernem ao trabalho em evidência, tais como:

- Elaborar uma *representação dos conhecimentos prévios* dominados pelos estudantes.
- Conduzir as aulas de *maneira eficaz*, adaptando, continuamente e ‘on-line’, o planejamento às respostas concretas dos estudantes.
- Monitorar o *progresso dos estudantes*.
- Interpretar o *discurso e as ações* dos estudantes.
- Auxiliar os estudantes a tomar consciência das *modificações* que ocorrem ao longo de seus processos de aprendizagem.
- Promover *discussões abertas e autênticas* com os estudantes, estimulando-os a levantar questões, a detectar e exprimir suas dúvidas e suas dificuldades, assim como a tomar decisões referentes a seu envolvimento intelectual nas tarefas escolares (VILLANI; PACCA, 1997, s.p.).

Outrossim, a organização das aulas foi pautada nesses princípios. Após a realização de uma sondagem para delinear as noções da turma no plano da Física Nuclear, a professora /pesquisadora efetivou apuração de distintas fontes que seriam suporte para as equipes. As AD foram aqui colocadas em linhas gerais se especificando ao longo do processo investigativo.

Quadro 2: Indicação geral das atividades didáticas implantadas

Atividades Didáticas	Situações-Problema	Objetivos Específicos de Ensino	Indicações para aprofundamento Teórico
AD – 1⁴ Introdução - Núcleo Atômico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qual é a estrutura do núcleo atômico? ▪ Que contribuições a Física Nuclear trouxe para a sociedade no século XX? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levar os alunos a compreender a estrutura do núcleo atômico. ▪ Reconhecer a influência que o desenvolvimento da Física Nuclear teve sobre a história do século XX. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A radioatividade e a história do tempo presente. 2. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do século XX. 3. Os modelos atômicos e suas aplicações práticas.
AD – 2⁵ Radioatividade – Lei do decaimento radioativo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quais são as características das partículas alfa, beta e gama e suas aplicações na Física Nuclear? ▪ Qual a diferença entre meia-vida e vida média? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecer sobre o poder de penetração de cada uma das partículas e suas aplicações na Física Nuclear e na medicina. ▪ Entender a datação de materiais de origem orgânica por meio da medição da quantidade de carbono-14 presente na amostra. ▪ Definir e distinguir os conceitos de meia-vida e vida média. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Vida média, meia vida e constante radioativa. 5. Radioatividade: Cálculo da Meia-Vida e Aplicações da Radioatividade. 6. Como é determinada a idade de um fóssil?
AD – 3⁶ Fissão nuclear e Fusão nuclear – Rejeitos radioativos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quais os prós e contras nos processos de fissão e fusão nuclear? ▪ Como minimizar os perigos do lixo radioativo? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entender os processos de fissão e fusão nuclear e suas possíveis aplicações. ▪ Ter um posicionamento crítico sobre os desdobramentos ambientais, sociais, econômicos e políticos da construção de novas usinas nucleares. 	<ol style="list-style-type: none"> 7. Visitar o site oficial da Comissão Nacional de Energia Nuclear. 8. Operação de uma usina nuclear/ Tipos de reatores/ Reator de água pressurizada. 9. A Fusão Nuclear Explicada: Energia do Futuro?

⁴Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD - 1:

1. MERÇON, F; QUADRAT, S.V. A radioatividade e a história do tempo presente. In: **Química Nova na Escola**, n.19, maio/2004.
2. LIMA, R. S; PIMENTEL, L. C. F; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do século XX. In: Química Nova na Escola, n.33, maio/2011.
3. USBERCO, J; SALVADOR, E. **Química** – volume único. Salvador. São Paulo: Saraiva 2002.
4. PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2006.

⁵Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD - 2:

4. <https://www.proenem.com.br/enem/quimica/vida-media-meia-vida-e-constante-radioativa/>
5. https://www.youtube.com/watch?v=Lai11_fs8rM
6. <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-determinada-a-idade-de-um-fossil/>

⁶Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD - 3:

7. <http://www.cnen.gov.br/outros>
8. <https://pt.energia-nuclear.net/operacao-usina-nuclear/reactor-nuclear/tipos/reactor-de-agua-pressurizada>
9. <https://www.youtube.com/watch?v=cXarvv2j9WI>

Atividades Didáticas	Situações-Problema	Objetivos Específicos de Ensino	Indicações para aprofundamento Teórico
AD-4⁷ Acidentes Nucleares e o uso da Radioatividade.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quais as normas operacionais para garantir a segurança e eficiência no processo de geração de energia nuclear? ▪ Quais as consequências da utilização bélica da energia nuclear? ▪ De que outras formas a radioatividade é utilizada na sociedade moderna? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Destacar a importância do conhecimento e cumprimento das normas legais que regem a geração de energia nuclear. ▪ Discutir o uso bélico da energia nuclear. ▪ Conhecer as aplicações pacíficas da energia nuclear em diversas áreas da sociedade moderna. 	10. Visitar o site oficial da Comissão Nacional de Energia Nuclear. 11. Os maiores acidentes nucleares da história. 12. Documentário Natgeo - Hiroshima o dia seguinte. 13. Usina Nuclear por dentro. 14. Césio 137: 30 anos – Documentário no Fantástico - 03/09/2017.
AD-5⁸ Um pouco de evolução estelar – forças fundamentais da natureza.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quais são as etapas do desenvolvimento de uma estrela? ▪ Quais são os tipos de forças que existem na natureza e para quê servem? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecer as etapas de desenvolvimento estelar. ▪ Compreender as forças fundamentais da natureza, comparando suas intensidades e raios de ação. 	15. De Poeira Estelar a Supernovas: O Ciclo das Estrelas 16. Que as 4 forças fundamentais estejam com você!
AD-6⁹ Partículas fundamentais da matéria-antimatéria – Um pouco de Cosmologia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quais são as partículas fundamentais da matéria-antimatéria? ▪ O que você sabe sobre a origem e expansão do universo? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceituar matéria, antimateria e aniquilação matéria- antimateria. ▪ Conhecer os estudos que tentam explicar a origem e expansão do universo. ▪ Compreender o caráter provisório da ciência. 	17. Buscar estudos recentes em revistas como Ciência Hoje e <i>Scientific American</i> Brasil 18. Unificando as forças da natureza. 19. O universo elegante.

Fonte: elaborada pelos autores

⁷Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD - 4:

10. <http://www.cnen.gov.br/outros>
11. <https://exame.abril.com.br/tecnologia/os-maiores-acidentes-nucleares-da-historia/>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=KH4LZvaGYx0>,
13. <https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM>,
14. <https://www.youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM>.

⁸Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD - 5:

15. <https://www.youtube.com/watch?v=1wPSGIV84aI>
<https://www.youtube.com/watch?v=EdVztVPu5kc>
16. <https://www.youtube.com/watch?v=Niyx6qsLhv0>
https://www.youtube.com/watch?v=r7-cy_EuYpc

⁹Ajuda ajustada – Indicações para aprofundamento Teórico AD – 6:

17. Revistas: Ciência Hoje e *Scientific American* Brasil
18. Unificando as forças da natureza (Livro de José Leite Lopes. São Paulo: Unesp, 2001)
19. O universo elegante (Livro de Brian Greene. São Paulo: Companhia das Letras, 1999)

Ressalta-se o sucesso de propostas deste timbre vinculas à modificação do professor em sua atuação e principalmente sua relação com a concepção adequada de ensinar e aprender. Pacca e Villani (2018, p. 69) afirmam que: “A sala de aula é o espaço onde deve ocorrer o diálogo real, com suas características parcialmente previsíveis e com toda sorte de novidades e situações inesperadas na interação pedagógica a, que deve ser sempre majorante”.

A sucessão das atividades foi diferenciada em cada grupo conforme suas reivindicações. A professora /pesquisadora articulou ajuda ajustada às equipes buscando sincronia com o caminho seguido pelas mesmas, respeitando os progressos e dificuldades enfrentadas. Nesse aspecto, consideraram-se os conhecimentos prévios dos alunos provocando desafios para que os significados existentes fossem questionados repercutindo na (re)construção do conhecimento. Os recursos disponíveis foram apropriados às necessidades particulares de cada grupo de estudantes. O relato encontra-se nos próximos tópicos com riqueza de detalhes.

4.3 O diário da prática pedagógica (DPP)

O ambiente instituído pelo DPP propicia a edificação de novas concepções de ensino, uma chance para reavaliar questões e equívocos corroborando para intervenção relativa à aprendizagem e motivação do aluno (PACCA, 1994). Por conseguinte, traz à tona a figura do professor pesquisador remetendo não apenas a uma postura investigativa, mas também reflexiva oportunizando um crescimento profissional constante.

Assim sendo, foi uma ferramenta valorosa no direcionamento das ações e nas introspecções realizadas nesse estudo. Uma das vantagens estava no fato da professora ser também a pesquisadora, destarte eliminou-se o temor de ser julgada por outrem em suas escritas. Tal pressuposto oportunizou uma liberdade para colocar seus anseios e mostrar a realidade vivenciada enriquecendo suas anotações com comentários bem particulares, justificativas e obstáculos na realização do estudo. Por outro lado, o desafio permanecia na análise crítica e não tendenciosa dos dados ali contidos. A partir de agora passamos a contar o que dali foi extraído.

4.3.1 Relatos da fase inicial do processo investigativo

Os alunos demonstraram grande interesse na investigação, a orientação inicial da docente foi que os grupos levantassem um problema de pesquisa dentro de seu tema. Percebeu-se, ao contrário do que ocorria em outras oportunidades similares, uma consulta dos discentes de todo o capítulo e não apenas da parte que lhes foi designada; ainda assim houve grande dificuldade na conformação desse problema.

A problematização foi algo novo, visto que eles estavam habituados a receber as perguntas prontas. As interrogações elaboradas estão nas redes virtuais e no próprio livro didático. Grande parte dos questionamentos diziam respeito a demandas teóricas da disciplina, pouco articuladas com as aplicações dos tópicos estudados ou a situações cotidianas. Pacca e Villani (2018) em um trabalho dedicado à formação continuada de professores, destacaram a inércia dos alunos por estarem habituados apenas a escutar, fato recorrente em nossa pesquisa, na fase inicial da atuação dos grupos. Percebeu-se escassa habilidade no sentido de proferir a pergunta de forma objetiva. Assim, já que sua investigação seria conduzida pelos questionamentos propostos e estes ainda apresentavam baixa qualidade de arguição, fez-se necessária a intervenção docente no sentido de organizar/sintetizar as ideias por eles colocadas sem deixar essa falta de clareza se refletir na qualidade de sua argumentação nos seminários. Ou seja, o educando estava em processo de adaptação à metodologia aplicada, mas a ajuda ajustada a eles concedida favoreceu a apropriação e a apresentação do problema por parte das equipes.

Quadro 3: Problemas levantados pelos grupos

Problemas	
1	Quais os modelos atômicos conhecidos e suas funções?
2	Como foram descobertas as antípartículas e quais os efeitos da sua aniquilação?
3	Qual a importância dos processos de fissão e fusão nuclear para a humanidade?
4	Porque acontecem os acidentes nucleares?
5	Quais são as forças fundamentais da natureza e como elas nos afetam?
6	O universo se expandirá para sempre?

Fonte: elaborado pelos autores

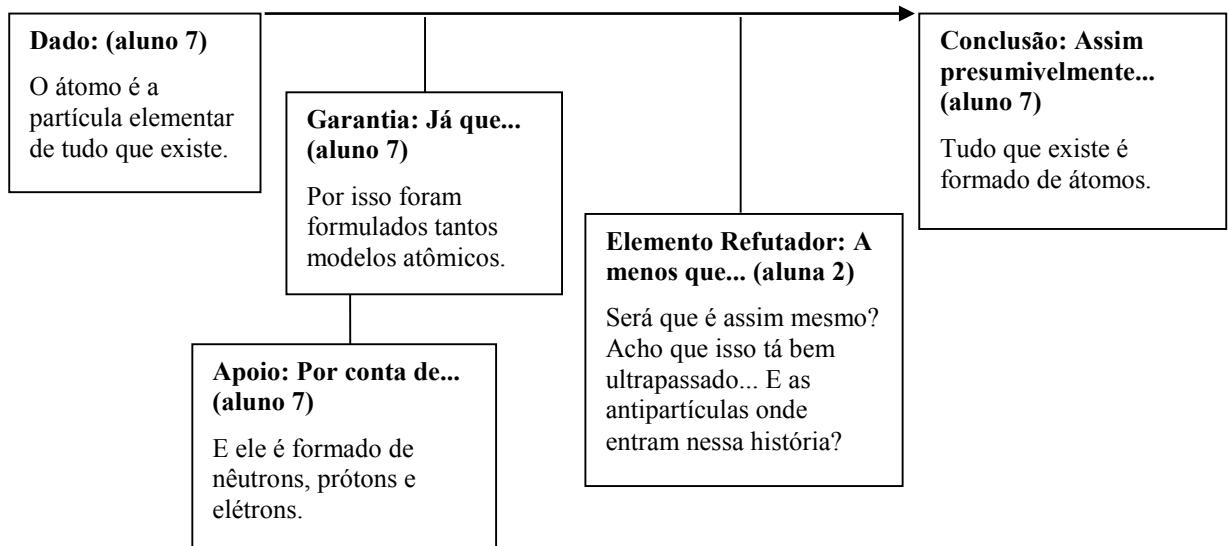
A partir da escolha dos temas (e dos problemas formulados) pelos estudantes, todos utilizaram as redes sociais para criar grupos de discussão e elegeram líderes para organizar os trabalhos. Das seis equipes, por iniciativa própria, apenas duas marcaram encontros presenciais fora do ambiente escolar para melhorar a coordenação de suas ações. As demais aproveitavam os intervalos das aulas e do recreio. No entanto, todos tiveram uma monitoria presencial agendada pela professora e várias monitorias virtuais para, de certo modo, conferir “validação” à sua investigação. Desta forma, foram disponibilizados artigos, vídeos e livros de acordo com as demandas indicadas nesses encontros.

A divisão de tarefas nas equipes ocorreu sem a interferência da professora. Essa distribuição de incumbências teve por critério interno disponibilidade e/ou familiaridade de seus próprios integrantes.

Durante as monitorias a conversa acontecia em um clima de confiança, quando os integrantes de cada equipe apresentavam suas justificativas para as escolhas de conceitos a serem utilizados na solução do problema. Desta forma, as ideias eram apresentadas com vistas a construir os argumentos. No entanto, as garantias por eles vinculadas aos dados eram facilmente refutadas pelos próprios colegas, denunciando a necessidade de conhecimento mais aprofundado. Como mostrado a seguir:

A Figura 3 representa a argumentação dos alunos durante a monitoria inserida no TAP. A conclusão é inferida das falas dos alunos.

Figura 3: Exemplo de argumentação durante a monitoria



Fonte: elaborada pelos autores

Evidenciou-se que o elevado nível de abstração do tema e a pouca familiaridade dos estudantes com os termos próprios da FMC era um desafio adicional no desenvolvimento do processo argumentativo. Não obstante entenderem algumas aplicações da temática, esta envolvia situações um tanto distantes da realidade próxima dos alunos.

As alegações dos estudantes apesar de conterem teor científico, traziam sempre um viés irreverente, utilizando gírias em suas falas, por vezes manifestando certo conflito entre ciência e senso comum. Como no exemplo do Quadro 4:

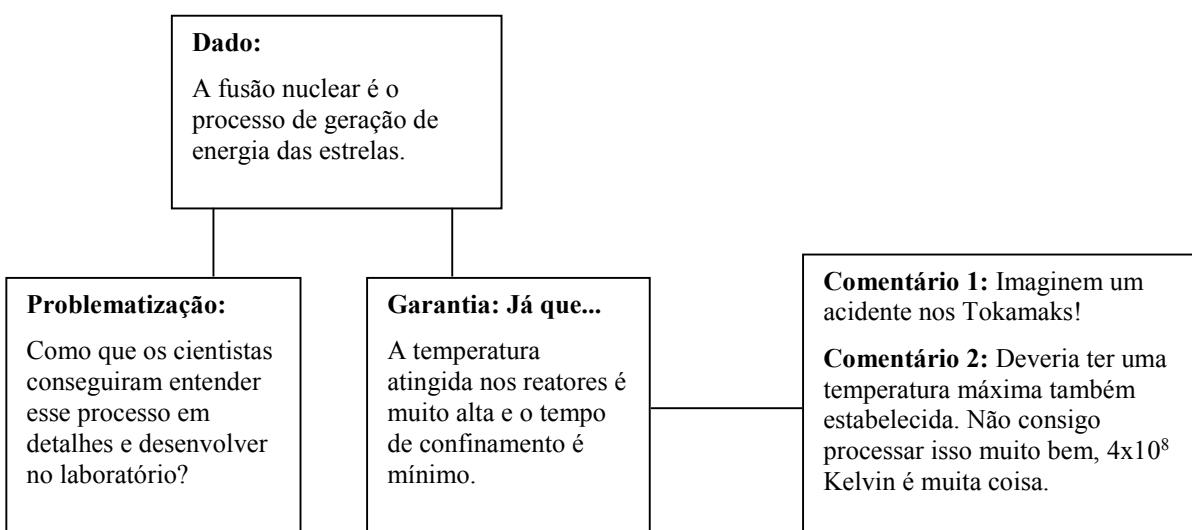
Quadro 4: Exemplo da utilização de gírias mescladas ao conteúdo científico

Aluno 32	Véi... Esse negócio de fusão nuclear é bem irado, kkkk. A fusão nuclear é o processo de geração de energia das estrelas. Como que os cientistas conseguiram entender esse processo em detalhes e desenvolver no laboratório?
Aluna 35	Mano... Isso deve ter dado um trabalhão!! E outra, a temperatura atingida nos reatores é muito alta galera...e o tempo de confinamento é mínimo. Esses cientistas são da hora mesmo, véi...
Aluna 29	Gente do céu... Esses dias lá em casa explodiu uma panela de pressão... Achei que o mundo estava acabando, kkkk. Imaginem um acidente nos Tokamaks!!
Aluno 31:	Às vezes fico pensando... Não existe o zero absoluto? [Os colegas assentiram] Cara, deveria ter uma temperatura máxima também estabelecida. Não consigo processar isso muito bem. 4×10^8 Kelvin, é muita coisa véi...

Fonte: elaborado pelos autores

A Figura 4 representa este diálogo entre os estudantes durante a monitoria no padrão TAP.

Figura 4: Exemplo de diálogo durante a monitoria



Fonte: elaborada pelos autores

Observa-se aqui um formato diferente do sugerido no TAP, os alunos não chegaram a uma conclusão. Os elementos do TAP não estão caracterizados nesse diálogo de forma consistente; no entanto, destaca-se como ponto positivo a problematização e o teor científico das falas. Evidencia-se o processo investigativo no TE.

Os estudantes tentavam sustentar suas conclusões fazendo comparações a algo concreto. Em suas afirmações demonstrava-se o distanciamento entre os conceitos aprendidos na Física Clássica com as novidades apresentadas pela Física Moderna e Contemporânea, como apresentado na Figura 3 e no Quadro 4. A argumentação entre eles acontecia de forma amistosa e o respeito às opiniões diferentes não descartava a persistência na sustentação do seu ponto de vista.

O Quadro 5 apresenta a organização do trabalho realizado por todos os grupos.

Quadro 5: Organização do trabalho dos grupos

Estratégias	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Grupo Virtual	X	X	X	X	X	X
Divisão de tarefas	X		X	X		
Fontes diversificadas		X		X	X	X
Encontros presenciais	X				X	
Atividades experimentais e/ou maquetes	X		X			
Preparação de slides e edição de vídeos explicativos	X	X	X	X		X

Fonte: elaborado pelos autores

Não menos crucial que os fatores supracitados, destacam-se as manifestações da necessidade de estudos mais aprofundados aos ocorridos corriqueiramente. Certamente, esses aprofundamentos estavam relacionados à constatação, pelos alunos, de que sua argumentação nas monitorias não estava suficiente.

Outro obstáculo encontrado foi a dificuldade de realizar atividades experimentais no ambiente da sala de aula; destaca-se que a utilização destas não foi uma exigência da professora no desenvolvimento da investigação, mas um desejo manifestado pelos alunos. Como alternativa sugeriu-se a construção de maquetes e utilização de laboratórios virtuais.

O envolvimento da turma foi evidente, mas não unânime. Notou-se uma fragilidade dos acordos estabelecidos ao constatar que os estudantes que haviam votado no outro tema conservaram um distanciamento das atividades.

Como ponto positivo, realçamos o esforço pela contextualização dos temas, a atitude ativa dos estudantes, a cumplicidade entre professor e aluno e as possibilidades de desenvolvimento do discente visando sua formação cidadã.

De acordo com a postura de cada grupo a professora/pesquisadora produziu relatos acerca das monitorias realizadas. Vide aspectos específicos ressaltados nos quadros a seguir:

Quadro 6: Destaques do relato referente ao Grupo 1

Introdução à Física Nuclear e ao núcleo atômico
Realçou as contribuições da professora no direcionamento da investigação.
Descreveu a ideia de representar as teorias de Rutherford, Dalton, Thompson e Bohr utilizando alimentos a fim de tornar o tema mais concreto.
Mencionou fatores históricos que lhes chamaram a atenção.
Colocou as referências bibliográficas que estavam utilizando.

Fonte: elaborado pelos autores

A professora colocou questões que associam o progresso da Física Nuclear com o desenvolvimento histórico em diferentes áreas no século XX para serem elucidadas pelo grupo. Por exemplo: Qual a relação dos avanços científicos concernentes à radioatividade com a política, economia, sociedade e meio ambiente no século XX?

Mediante ajuda ajustada, sugeriu-se a leitura de artigos como: “A radioatividade e a história do tempo presente” (Química Nova na Escola, n.19, maio 2004) e “O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do século XX” (Química Nova na Escola, n.33, maio 2011). O primeiro escrito por Fábio Merçon (doutor em Engenharia Química) e Samantha Viz Quadrat (doutora em História) indicado no manual do professor anexo ao livro didático; o segundo é de autoria de Rodrigo da Silva Lima, Luiz Cláudio Ferreira Pimentel e Júlio Carlos Afonso (todos graduados em Química e com trabalhos relevantes na área de nosso interesse). Os artigos são curtos e bastante objetivos além de responder a muitas perguntas colocadas na monitoria.

Outro aspecto que chamou atenção dos discentes foi a conexão da Física com a Química. A estratégia de apresentar os modelos atômicos comestíveis foi aprovada pela professora, pois diminuiria o nível de abstração e proporcionaria um momento de descontração e socialização na turma tornando o aprendizado mais prazeroso.

Quadro 7: Destaques do relato referente ao Grupo 2

Radioatividade e a lei do decaimento radioativo
Destacou as discussões e decisões que ocorreram em um grupo virtual criado especificamente para esta finalidade.
Mostrou detalhadamente a divisão de tarefas entre os integrantes.
Especificou a participação de todos nas etapas da investigação que estava ocorrendo.
Comentou sobre a ideia da reprodução de vídeo-aula a fim de aprofundar a explicação do tema e exemplificar através de imagens e áudio.
Ressaltou a autorização da gravação através de áudio da apresentação a fim de registrar realização do mesmo.
Colocou as referências bibliográficas que estavam utilizando.

Fonte: elaborado pelos autores

Nesse grupo a Matemática coligada ao conceito de meia-vida e vida média dos elementos radioativos foi alvo de questionamentos. A pergunta deixada pela professora pesquisadora foi: “Qual a diferença entre meia-vida e vida média no contexto da radioatividade?

Ao longo do processo investigativo as dúvidas foram sanadas com o estudo desses conceitos e também do gráfico de decaimento radioativo alfa e beta. A docente deixou sugestões de sites para aprofundar a pesquisa. Os estudantes se surpreenderam com a importância desses tópicos na Biologia, Química, Arqueologia, Medicina e Ecologia.

Quadro 8: Destaques do relato referente ao Grupo 3

Fissão nuclear, fusão nuclear e rejeito radioativo
Colocou a intenção de construir maquete ou utilizar um laboratório virtual para ilustrar sua apresentação.
Não apresentou suas fontes de pesquisa.
Expôs muitas dúvidas em especial sobre o processo de fusão nuclear.

Fonte: elaborado pelos autores

O grupo evidenciou o incômodo com a abstração do tema e colocou a necessidade de apresentar algo mais concreto aos colegas na ocasião do seminário. Levantaram-se muitas dúvidas sobre a viabilização do processo de fusão em situações de ordem prática tais como: Se a fusão só ocorre de forma natural no Sol, como ela foi descoberta? As condições físicas e químicas do Sol são bem diferentes da Terra, como será possível reproduzir esse fenômeno aqui? Qual a amplitude dos danos resultantes dos processos de fusão e fissão nuclear?

A professora orientadora deixou como desafio para a equipe aprofundar seus conhecimentos sobre ambos os processos: Como ocorre? Quais são as condições necessárias para sua realização? Quais são os prós e contras de cada um deles? A conversa girou em torno de solucionar os problemas de geração de energia elétrica enfrentados pela humanidade. Todos consentiam com o fato de que a energia elétrica é um bem indispensável para qualidade de vida da população e o desfrute dos recursos tecnológicos até então alcançados. Outro aspecto relevante foi a preocupação com o lixo nuclear.

Quadro 9: Destaques do relato referente ao Grupo 4

Acidentes nucleares e o uso da radioatividade
O grupo estabeleceu como objetivo da pesquisa mostrar aos colegas os perigos que a radioatividade pode causar ao meio ambiente e ao ser humano.
Os integrantes da equipe haviam averiguado sobre os principais acidentes nucleares ocorridos e a discussão girou em torno das causas e consequências.
Nomeou as referências bibliográficas que estavam utilizando.
Compartilhou a intenção de apresentar um vídeo sobre o maior acidente nuclear da história

Fonte: elaborado pelos autores

O grupo subdividiu os principais acidentes nucleares a fim de pesquisarem com detalhes suas características. A intenção era entender desde as causas até as consequências de cada um. A principal dúvida apresentada pela equipe dizia respeito às questões legais que regem o funcionamento de uma usina nuclear. Um texto da seção “O que diz a mídia!” do livro didático adotado, também chamou atenção do grupo, pois trouxe a opinião de alguns moradores de Angra sobre as usinas nucleares desenhando seus riscos e benefícios. O perigo da proliferação de armas nucleares também foi colocado em discussão, bem como o estrago feito pelas armas já utilizadas.

Quadro 10: Destaques do relato referente ao Grupo 5

Um pouco de evolução estelar e as forças fundamentais da natureza
Diversificação de fontes de pesquisa
O grupo relatou o elevado nível de dificuldade em investigar a temática.
Muitos questionamentos em relação aos conceitos de FMC

Fonte: elaborado pelos autores

A equipe arrolou diversas questões tais como: “O que é mesmo colapso gravitacional? Já estudamos gravitação universal e nunca ouvi falar nisso... Qual a relação entre a vida de uma estrela e sua massa? Essa teoria da grande unificação vai resolver o quê em termos práticos? Alguém pode me explicar o decaimento beta?

Ao pesquisar fora do livro didático encontraram dificuldades, visto que as outras fontes utilizadas traziam informações muito profundas e detalhadas da temática. Uma das fontes por eles utilizada foi o livro “Introdução à Estrutura e Evolução Estelar” (1999) escrito por Walter J. Maciel, além de vários sites. A professora tranquilizou o grupo no sentido de mostrar que a intenção não era obter conhecimentos densos no tópico, mas ter noções gerais permitindo-lhes posicionamento crítico a respeito.

Quadro 11: Destaques do relato referente ao Grupo 6

Partículas fundamentais da matéria-antimatéria e um pouco de cosmologia
Muitos questionamentos sobre a origem e expansão do universo
O grupo relatou estar meio perdido diante de tantas informações não comprovadas cientificamente. A saber, a teoria do Big Bang ¹⁰ , a teoria inflacionária ¹¹ e informações sobre a matéria escura ¹² .
Diversificação das fontes de pesquisa.

Fonte: elaborado pelos autores

O grande desafio foi encontrar um apoio científico sólido para seus argumentos nas bases de dados por eles pesquisadas. O grupo esbarrou em dúvidas sobre fatos já aceitos por eles, como verdades absolutas no âmbito da ciência, como por exemplo a teoria do Estado Estacionário enquanto alternativa ao modelo do Big Bang. Tal situação foi surpreendente e ao mesmo tempo os levou a refletir sobre como foram ingênuos em tempos anteriores quando não estudaram e apenas “engoliram” as informações oferecidas. A maior preocupação era se seus argumentos seriam aceitos diante de tantas incertezas nessa área.

¹⁰<https://super.abril.com.br/tecnologia/como-se-formou-o-universo/>

¹¹https://pt.wikipedia.org/wiki/Origem_do_Universo

¹²<https://veja.abril.com.br/blog/veja-gente/paolla-oliveira-romance-com-coach-de-inteligencia-emocional/>

4.3.2 Relatos sobre a preparação e execução dos seminários

Em suas exposições os alunos deixaram claro que o maior desafio não é estudar e aprender a matéria a ser apresentada. Falar em público é sem exceção o maior temor de todos. Alguns alunos extremamente tímidos, durante os encontros, demonstraram uma busca por superar seus receios, responsabilizando-se por dominar determinados argumentos pelos quais ficariam responsáveis no seminário.

Um grande obstáculo na execução deste se deveu a compromissos (pedagógicos, culturais, competições, etc.) assumidos pela escola com instituições parceiras envolvendo os mesmos alunos que participavam do projeto. Após o estabelecimento do acordo para as investigações dos grupos, o acúmulo de atividades para os estudantes nos forçou a adiar as atividades propostas e diminuir o número de monitorias. Este fato certamente influenciou o resultado final, visto que vários discentes relataram uma insatisfação relativa ao tempo mínimo para a preparação do seminário.

E não obstante as dificuldades na fase de investigação, na preparação do seminário os grupos esforçaram-se para indicar a conexão da teoria com a prática, explanando seu interesse por questões éticas, sociais, econômicas, ambientais e aplicações tecnológicas que se articulavam aos seus tópicos.

A seguir enunciam-se os lançamentos por grupos de estudantes:

Grupo 1: Introdução à Física Nuclear e ao núcleo atômico

Os aspectos históricos que impulsionaram o nascimento da Física Nuclear eram totalmente desconhecidos e causaram grande curiosidade. Os primeiros questionamentos por eles colocados foram em relação às motivações desse estudo e seus impactos sociais. Acerca do núcleo atômico havia conhecimentos oriundos das aulas de Química, no entanto ao serem questionados sobre a finalidade e sustentação científica dos diversos modelos atômicos ficavam completamente confusos. Apesar do grande número de perguntas e de ficar claro o esforço investigativo, a equipe apresentou dificuldade em levantar um problema de pesquisa, algo que fosse a meta principal do seu estudo. Algumas questões pairavam no ar: O que é radiação? O

que o estudo do núcleo atômico nos proporcionou? Depois de muito debate, eles optaram por: Quais os modelos atômicos conhecidos e suas funções?

Todos os componentes do grupo se envolveram na pesquisa e houve apoio mútuo. Como o elevado nível de abstração mostrou-se um obstáculo para eles, todos se empenharam na construção dos modelos atômicos com alimentos e na organização de slides para sintetizar e direcionar suas colocações. Tal estratégia chamou muito a atenção dos colegas, tornou seu seminário mais descontraído e dinamizou a interação entre o grupo e os demais alunos da turma. Após sua explanação aconteceu uma degustação dos modelos atômicos e neste momento os comentários sobre o assunto surgiram com maior fluidez que no momento da gravação do áudio. Os alunos conversaram despreocupadamente sem temer serem avaliados.

Grupo 2: Radioatividade e lei do decaimento radioativo

No começo estavam muito perdidos e antes mesmo da monitoria presencial eles pediram ajuda para um pontapé inicial. Conversamos um pouco sobre Marie Curie e alguns elementos radioativos sem aprofundar nas características próprias de cada um deles, deixando perguntas no ar. “Qual a diferença entre os vários elementos radioativos? Existe radiação benéfica e maléfica? Em quais setores a radioatividade é utilizada? Quais são os níveis de radiação aceitáveis para os seres vivos?”

Assim, eles iniciaram sua busca a partir do livro didático e ampliaram a investigação com vídeo aulas, outros livros e material virtual. A radiação e a meia vida dos materiais radioativos foram alvo de muita curiosidade e, a despeito da dificuldade inicial, esse grupo surpreendeu ao levantar o problema de pesquisa com maior prontidão. Qual a importância da radioatividade para a sociedade? No entanto, a pergunta de pesquisa foi alterada com o progresso da investigação, a saber: Como foram descobertas as antípartículas e quais os efeitos da sua aniquilação?

Alguns alunos me abordaram nos intervalos de aula e na hora do recreio para colocar suas dúvidas, nem todos do grupo demonstraram interesse durante a investigação. O grupo direcionou a pesquisa no sentido de encontrar aplicações dos conceitos estudados na vida prática.

Grupo 3: Fissão nuclear, fusão nuclear e rejeito radioativo

Eles tentavam entender desde o princípio os prós e contras de cada um dos processos, destacando as diferenças entre eles. O nível de abstração das informações e a dificuldade de mensurar valores tão elevados ou tão pequenos para as grandezas físicas certamente estavam entre os principais obstáculos. Falar sobre os rejeitos radioativos contribuiu no sentido de pensar de modo bastante vivencial o tema, visto que estes afetam a saúde do homem e o meio ambiente trazendo grandes impactos se não tiverem o destino adequado. O grupo apresentou dificuldade em definir sua questão de pesquisa. Eles nortearam sua investigação a partir do problema: Qual a importância dos processos de fissão e fusão nuclear para a humanidade?

Em todo tempo, relatavam as situações extremas em que ocorrem os processos, apresentaram muitos questionamentos sobre a fusão: “Como os cientistas conseguiram entender as especificidades do processo de fusão? Quais as vantagens que a fusão apresenta em relação à fissão? Quais as dificuldades para a realização da fusão na prática?” E nessa vertente buscaram abranger sobre os desafios da engenharia e da física para implantar o processo de fusão nas atividades humanas.

Grupo 4: Acidentes nucleares e o uso da radioatividade

Eles logo perceberam que para além das questões científicas, esse tema envolve questões legais/normativas e sociais. Alguns integrantes da equipe comentaram o acidente de Goiânia, eles sabiam de forma bastante superficial e se espantaram com a diferença de contexto deste com os demais acidentes ocorridos. A fala de um aluno durante a monitoria após acalorada discussão com os colegas e ter assistido a um vídeo deixou a professora encantada. “Mesmo sem explosões esse acidente deixou marcas profundas... (e depois de um tempo de silêncio total ele concluiu) o maior e mais trágico de todos os acidentes é a falta de conhecimento”.

O grupo ficou dividido entre várias questões de pesquisa: Quais os efeitos da radiação no corpo humano e no ambiente? Como são criadas as bombas atômicas? Mas, a indagação girou em torno de entender as causas dos acidentes e até mesmo as falhas das autoridades quando retarda a emissão de informações à população envolvida. Seu problema de pesquisa foi: Porque acontecem os acidentes nucleares?

Como fator de destaque eles aprofundaram a pesquisa sobre as aplicações da radioatividade na medicina. Fizeram vários questionamentos sobre o melhor destino para os rejeitos radioativos e ainda sobre os tipos de acidentes e suas causas. A utilização da energia nuclear no Brasil também foi alvo de especulação. “Se esse material é tão perigoso, como fazer seu descarte? Quais as principais falhas técnicas ocorridas nos acidentes nucleares? Quais são as normas legais e de segurança que regulamentam o funcionamento das usinas nucleares? Você é a favor ou contra o uso de energia nuclear no Brasil? Quais são as diferentes aplicações da radioatividade na medicina?” Assim, proporcionou a reflexão acerca dos perigos e benefícios trazidos pela radioatividade.

A equipe conseguiu constatar as influências políticas e sociais no âmbito científico e apresentou aos colegas um vídeo muito interessante. Tivemos problemas técnicos com o *data show* e o tempo não foi suficiente, sendo necessária outra aula para finalizar e debater o mesmo.

Grupo 5: Um pouco de evolução estelar e das forças fundamentais da natureza

Eles já haviam estudado gravitação universal no primeiro ano, portanto tinham uma noção básica. Na monitoria, o conhecimento de uma aluna sobre a evolução estelar deixou perplexa a professora, dando a entender que especular sobre o universo era um hobby para ela. Todavia, os colegas ficavam um pouco retraídos e inseguros em colocar seus pontos de vistas, e ao mesmo tempo se sentiram desafiados a estudar mais.

Esse grupo apesar de ter questionamentos interessantes apresentou pouca objetividade colocando as ideias de forma bastante obtusa. Aqui estão algumas inquições consideradas: “É possível comparar o ciclo de vida dos seres humanos e das estrelas, considerando os processos químicos estelares e humanos? Porque existem vários tipos de estrelas? As forças fundamentais da natureza se relacionam entre si?” Eles apresentaram dificuldade de traduzir em palavras sua pergunta de pesquisa. A intervenção da professora foi mais no sentido de sintetizar suas afirmações sem modificar a essência e ao mesmo tempo direcionar a investigação. O problema de pesquisa definido foi: Quais são as forças fundamentais da natureza e como elas nos afetam?

Os integrantes da equipe articularam os conceitos já estudados na Física Clássica com os da Física Moderna. Por exemplo, no caso da força gravitacional que já havia sido tópico de estudos superficiais no primeiro ano e se ampliou com as informações atuais. Eles fizeram a síntese das informações coletadas em diferentes fontes. Seu maior repto foi compreender a

força nuclear fraca, devido à conexão com conceitos próprios da física moderna (decaimento beta, quarks e léptons). Comentaram ainda, sobre a dificuldade de entender a linguagem científica com muitos conceitos novos. No dia do seminário houve falha no *data show*.

Em seus relatos, sempre destacavam a complexidade do tema apresentado atrelado a um elevado nível de detalhamento nas informações. Assim, uma das objeções desse grupo foi encontrar informações que estivessem em seu nível de entendimento. No entanto, todas as suas falas durante o seminário foram exemplificadas e conectadas com exemplos cotidianos.

Grupo 6: Partículas fundamentais de matéria-antimatéria e um pouco de cosmologia

Eles detectaram interfaces da Física, Química e Biologia e tal articulação tornou a investigação mais instigante. De todos os grupos esse foi o mais questionador e ao longo do estudo foi possível perceber que ainda há questões inconclusas e várias especulações nesse campo. Sua bússola foi: O universo se expandirá para sempre?

Apesar de saberem a direção que gostariam de dar à investigação, esta simplesmente não evoluía. A equipe ficou meio perdida com a infinidade de informações disponíveis. A falta de comprovação científica e mesmo a abundância de questionamentos acerca das teorias já existentes potencializaram as dúvidas no processo investigativo. Todavia, o grupo percebeu e conseguiu transmitir para a turma o caráter provisório da ciência, bem como entendeu de acordo com seu nível de maturidade a forma como se faz ciência.

Como aspecto negativo, destaca-se o fato de um aluno do grupo não ter participado da realização do trabalho e nem apresentado justificativa. A exposição teve que ser adiada algumas vezes devido aos Jogos Escolares de Minas Gerais (JEMG).

Em seu seminário, eles empregaram uma analogia bastante simples com um balão mostrando a expansão do universo. E apresentaram aos colegas o resultado de pesquisas realizadas no jornal *New York Times* e na revista *Science News* usando a estratégia de autoridade (fala de cientistas renomados na atualidade) em sua argumentação.

4.4 Os seminários e suas análises

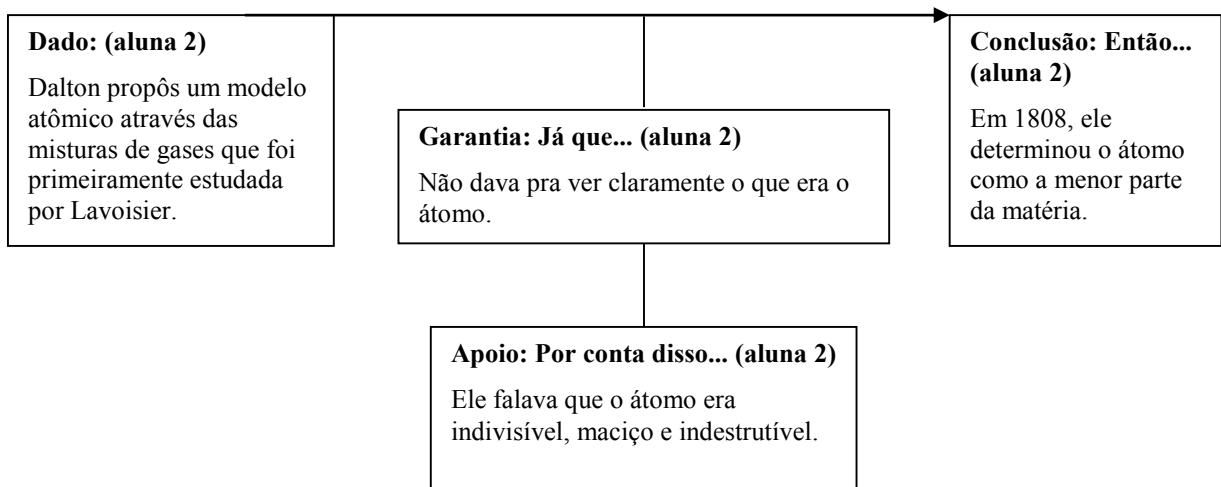
A seguir apresentamos algumas falas dos estudantes durante os seminários. Apesar de ter sido gravado áudio de todos os alunos que se dispuseram a participar da pesquisa, optamos por selecionar alguns trechos a serem destacados nas análises. A escolha dos áudios e argumentos a seguir se relacionam a proeminências importantes as quais foram citadas durante o desenvolvimento deste trabalho investigativo. A repetição de palavras, bem como os erros de concordância ou a não observância do português culto tiveram a intenção de manter as características originais dos argumentos e o não comprometimento de suas análises.

Torna-se essencial salientar a nossa intenção de analisar o processo (argumentação) e não apenas o produto (argumento), tal distinção foi idealizada por Kuhn e Udell (2003). Destarte, nossas considerações não foram restritas ao argumento representado nas figuras, mas também se estenderam aos acontecimentos registrados sobre as monitorias e ainda ao apêndice que contém os áudios dos estudantes na íntegra (Apêndice) e culminaram neste produto.

Outro entendimento importante é que os elementos do TAP estão sujeitos a interpretação do pesquisador. Assim, a escolha do que seria o dado ou o apoio pode ser diferente para cada um. Encaixar os elementos no TAP é uma ação particular, altamente analítica e crítica podendo muitas vezes incorrer em discordância entre pesquisadores (KELLY; REGEV; PROTHERO, 2008; OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010).

Seminário do Grupo 1: Introdução à Física Nuclear e ao núcleo atômico

Figura 5: Fala da aluna 2 no TAP (Análise 1 do seminário 1)



Fonte: elaborada pelos autores.

Análise 1:

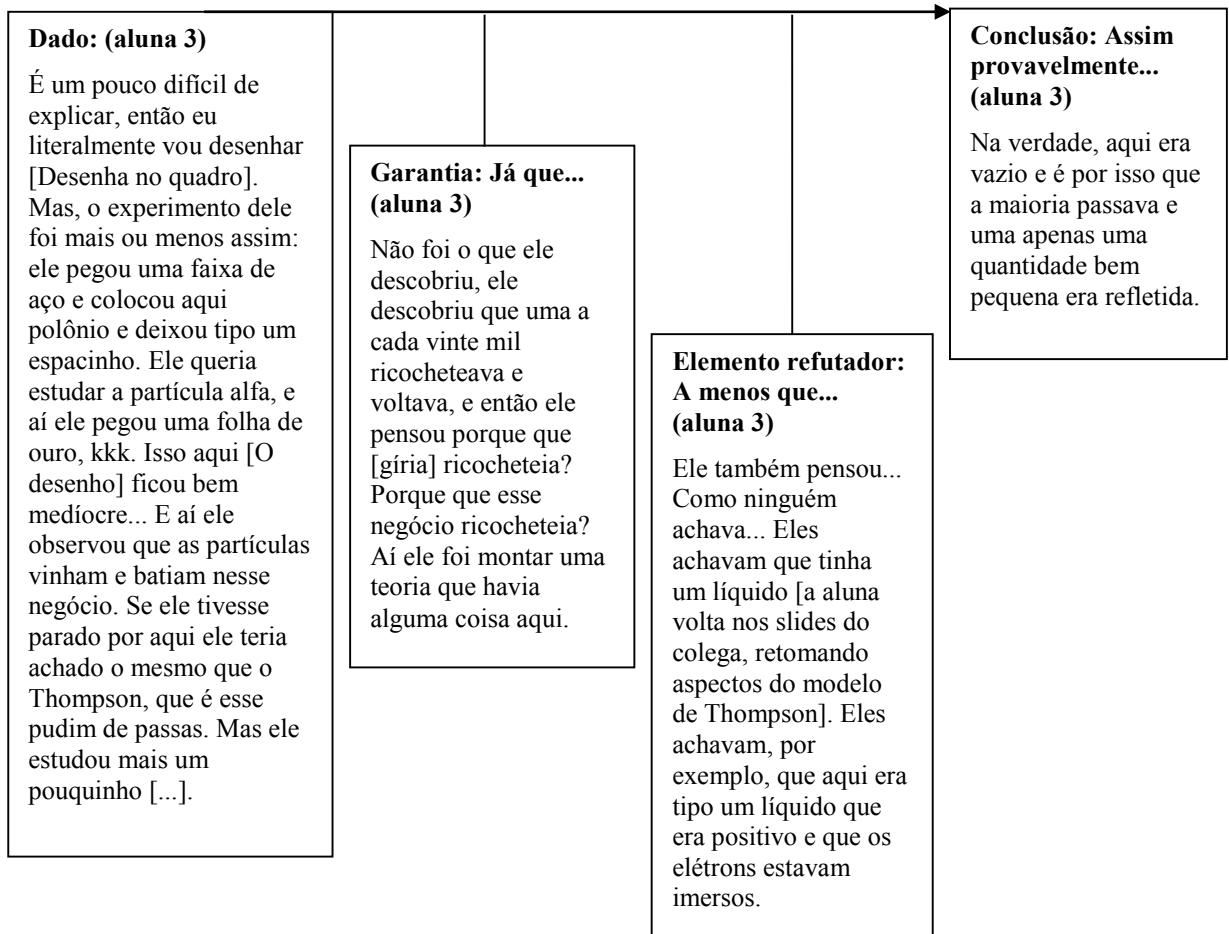
Observa-se que na prática a ordem das falas nem sempre é aquela sugerida no TAP. A conclusão aparece entremeada pelos outros elementos (vide apêndice). Assim, a organização das ideias da estudante não seguiu um molde. O argumento além dos elementos essenciais (D, G, C) apresenta o apoio, podendo ser considerado de estrutura mediana.

Para sustentar sua conclusão, a aluna se aprofundou na pesquisa sobre os estudos realizados por Dalton, explicando o modelo por ele desenvolvido de maneira condizente. Portanto, conclui-se que a informação proferida possui teor científico e, se comparada com os questionamentos iniciais ocorridos na monitoria (Quem é esse Dalton mesmo professora? O que ele fez de importante? Seus estudos ainda prevalecem hoje?), demonstra aprendizagem durante o processo.

A aluna narrou a dificuldade dos cientistas da época em visualizar o átomo e descrever sua estrutura e ainda utilizou aporte histórico ao mencionar os primeiros estudos ocorridos antes de Cristo. Ressalta-se, ainda, o destaque da estudante para o caráter científico dos estudos de Dalton a despeito das incertezas que existiam. Ela não explanou a utilidade de suas informações em termos práticos, mas seu argumento apresenta um conhecimento

contextualizado. No entanto, seu timbre de voz e postura denunciavam o quanto estava segura e a vontade a frente da turma. Seu argumento foi aceito pelos colegas.

Figura 6: Fala da aluna 3 no TAP (Análise 2 do seminário 1)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 2:

A aluna constrói sua argumentação a partir da representação do experimento de Rutherford, problematizando os resultados obtidos e utilizando as expectativas em relação ao pudim de passas (modelo de Thompson).

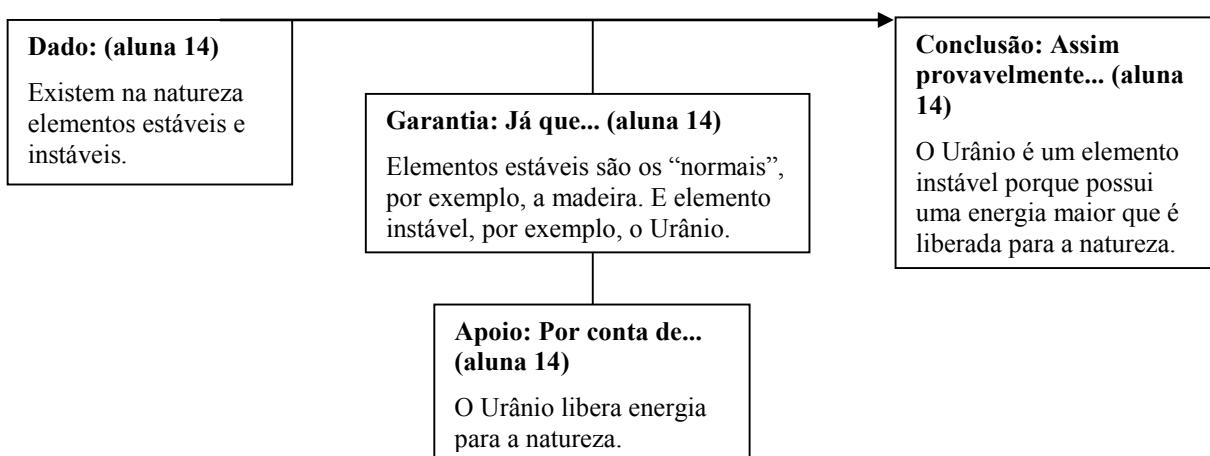
O argumento apresenta o elemento refutador conferindo a ele um nível mediano de complexidade. Apesar da conclusão não ser formulada em termos da existência do núcleo atômico, a mesma vem ao encontro dos aspectos e ideias apresentadas anteriormente. Outrossim, culminou na concordância da turma que foi convencida tanto pela fala da aluna

quanto pelas imagens apresentadas no slide e o desenho no quadro. Esses insumos não foram retratados por não ser objeto de nosso estudo (nossas fontes são os áudios e DPP).

Ao apreciar o argumento sem considerar o contexto na sala de aula e a trajetória da estudante no Ensino por Investigação, parece sem sentido, mas o conjunto desses fatores indica o enorme envolvimento e esforço da aluna para convencer a turma. Apesar do vocabulário não tão científico, a aprendizagem evidenciou-se na articulação argumentativa. O entusiasmo da estudante foi manifestado na riqueza de recursos e ao mostrar domínio nas partes apresentadas pelos colegas.

Seminário do Grupo 2: Radioatividade e lei do decaimento radioativo

Figura 7: Fala da aluna 14 no TAP (Análise 3 do seminário 2)



Fonte: elaborada pelos autores

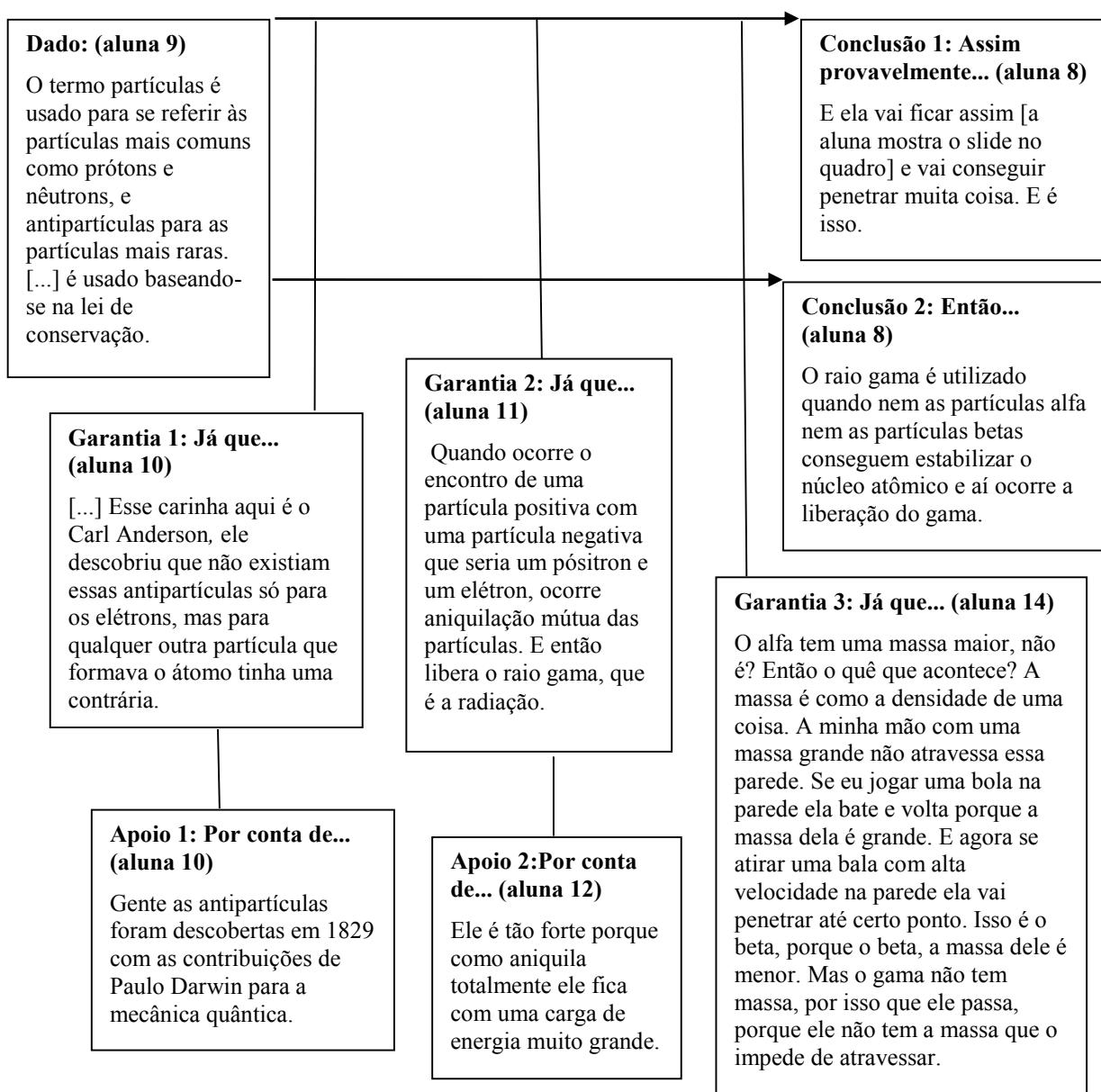
Análise 3:

A Aluna 14 transmitiu o conceito básico de estabilidade nuclear aos seus colegas empregando a exemplificação em seu argumento. Todavia, percebe-se uma linguagem bastante informal quando ela diz “elementos estáveis são os normais”. Aqui, nota-se que o palavreado do senso comum, ainda se mistura aos conhecimentos científicos. No discurso proferido a estudante destaca conhecimentos abordados na Física e na Química.

Quando comparado ao TAP, percebe-se a presença de distintos elementos (D, G, A e C) que conferem um grau mediano de organização ao argumento. Contudo, a conclusão não foi explícita sendo necessário inferir sobre os subsídios apresentados para extraí-la.

As exposições da estudante estavam parcialmente corretas e contextualizadas sem conter aplicações cotidianas. Ao citar a madeira percebe-se uma confusão com elemento químico. Mas a ideia de estabilidade e instabilidade está presente na frase dela. Ao dizer que o Urânio tem uma energia maior, que é liberada para a natureza, também apresenta alguma incorreção. Entretanto, depreende-se que ela esteja pensando no acréscimo de energia nuclear que desestabiliza o núcleo do Urânio e provoca a emissão radioativa. Em relação ao conhecimento empregado na construção do argumento nota-se a necessidade de aprimoramento. Não houve contestação dos colegas.

Figura 8: Fala de vários alunos no TAP (Análise 4 do seminário 2)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 4:

Ao transportar as falas para o TAP, nota-se que apesar de conter a presença dos elementos instituídos por Toulmin, o formato fica bem diferente do sugerido pelo autor. Verificam-se elementos repetidos como garantias e apoios e, embora o TAP tenha sido idealizado para um discurso monólogo, existe a possibilidade dialógica devido a sua flexibilidade. Assim, nem o molde, nem o número elevado de informações comprometem sua análise ou credibilidade. Ressalva-se também que quando as garantias são aplicáveis o grau de força do argumento é imediatamente superior.

O seminário tem início com um questionamento lançado pela aluna 8: Como foram descobertas as antipartículas e quais são os efeitos de sua aniquilação? O dado apresentado após a problematização intencionou estimular a curiosidade dos colegas. O argumento foi construído conjuntamente pelos integrantes da equipe e os pontos de vista se completavam. À medida em que alguém percebia a insuficiência de informações ou falta de requisitos importantes na fala do seu colega, adicionava outros subsídios a fim de contribuir para uma conclusão consistente.

Torna-se claro o progresso alcançado pelo grupo; entretanto, sua forma de se expressar indica a necessidade de observar algumas questões. Por exemplo, quando a Aluna 11 diz que no encontro de uma partícula positiva com uma partícula negativa ocorre aniquilação, deveria ter especificado o encontro de uma partícula e sua antipartícula. E, quando a Aluna 10 comete um grande equívoco ao mencionar o descobrimento das anti-partículas em 1829 por Paulo Darwin. A existência da antimateria foi prevista por Dirac em 1928. Mas o par elétron-pósitron foi detectado pela primeira vez por Carl David Anderson em 1932. Ele ganhou o prêmio Nobel de Física em 1936 pela descoberta. Ou ainda, no relato da aluna 12, em relação a enorme quantidade de energia, poderia ter explicado que a energia já existente foi liberada em forma de radiação.

Nota-se que a conclusão 1 está relacionada às garantias e apoios 1 e 2, enquanto a conclusão 2 vincula-se à garantia 3. Durante o processo de desenvolvimento da argumentação nesse estudo, o fato de um argumento ter mais de uma conclusão foi bastante comum, em especial nas monitorias. Ocorria que um aluno falava e outro aperfeiçoava a ideia como certificamos na argumentação acima.

A harmonia entre eles expôs a importância do TE no desenvolvimento da argumentação e da habilidade de problematizar. Durante suas falas, lançaram perguntas para

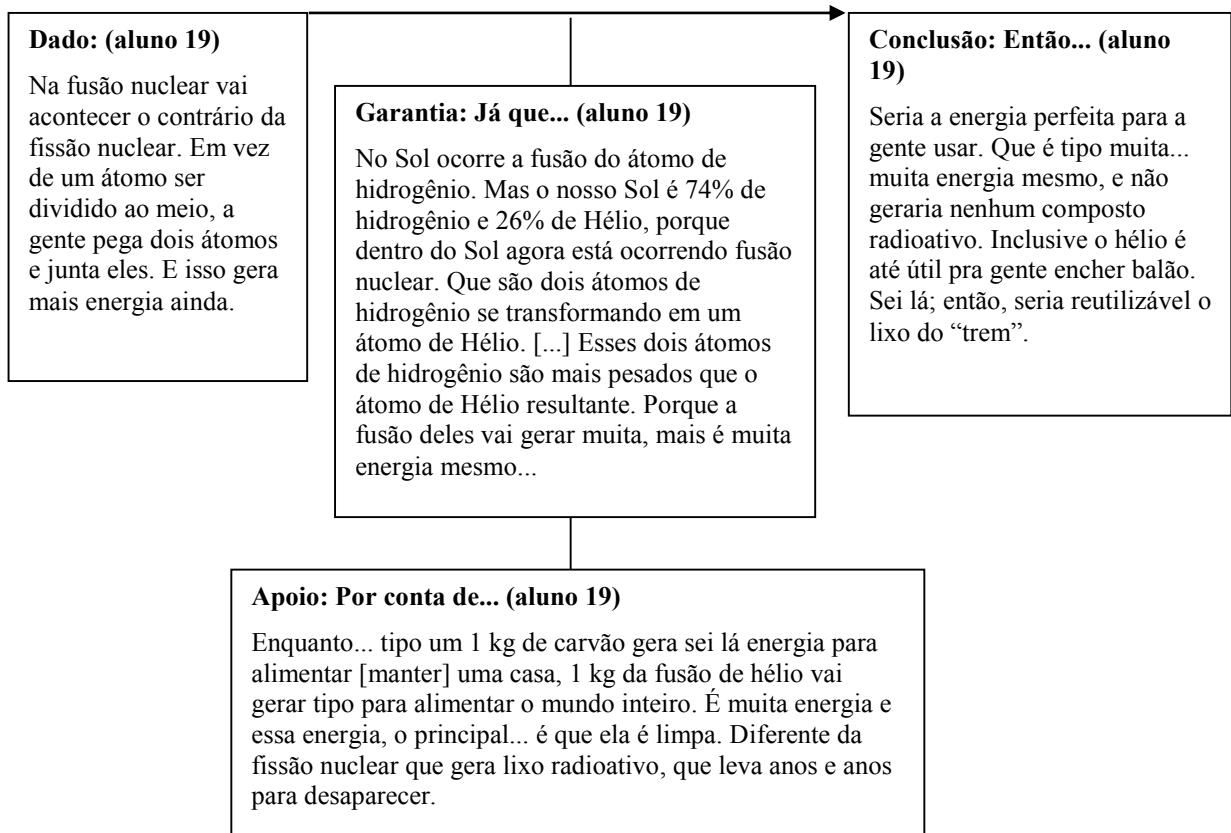
enriquecer o assunto, e quem sabe, ativar a participação dos demais o que infelizmente, não aconteceu. Ainda é possível constatar a utilização tanto da exemplificação quanto da autoridade (ao citar cientistas renomados na sua abordagem).

Em relação à estrutura esse argumento pode ser classificado como complexo, porque envolveu muitos falantes e elementos do TAP. Apesar de não verificarmos a presença de nenhum contra argumento que enriqueceria ainda mais o diálogo. Os pontos de vistas são bastante pertinentes quando averiguamos as referências adotadas na pesquisa. Apesar de atender com algumas ressalvas aos níveis de científicidade esperados pelos estudos realizados, as informações não apresentam aplicações cotidianas.

Perante a atitude da turma frente ao exemplo da aluna 14, entende-se que ainda é um obstáculo o nível de abstração do conteúdo. Pois, quando a estudante utilizou uma metáfora das partículas alfa, beta e gama com objetos concretos, a aceitação e compreensão foi perceptível e acabou sendo selada com a síntese feita pela aluna 8.

Seminário do Grupo 3: Fissão nuclear, fusão nuclear e rejeito radioativo

Figura 9: Fala do aluno 19 no TAP (Análise 5 do seminário 3)



Fonte: elaborada pelos autores

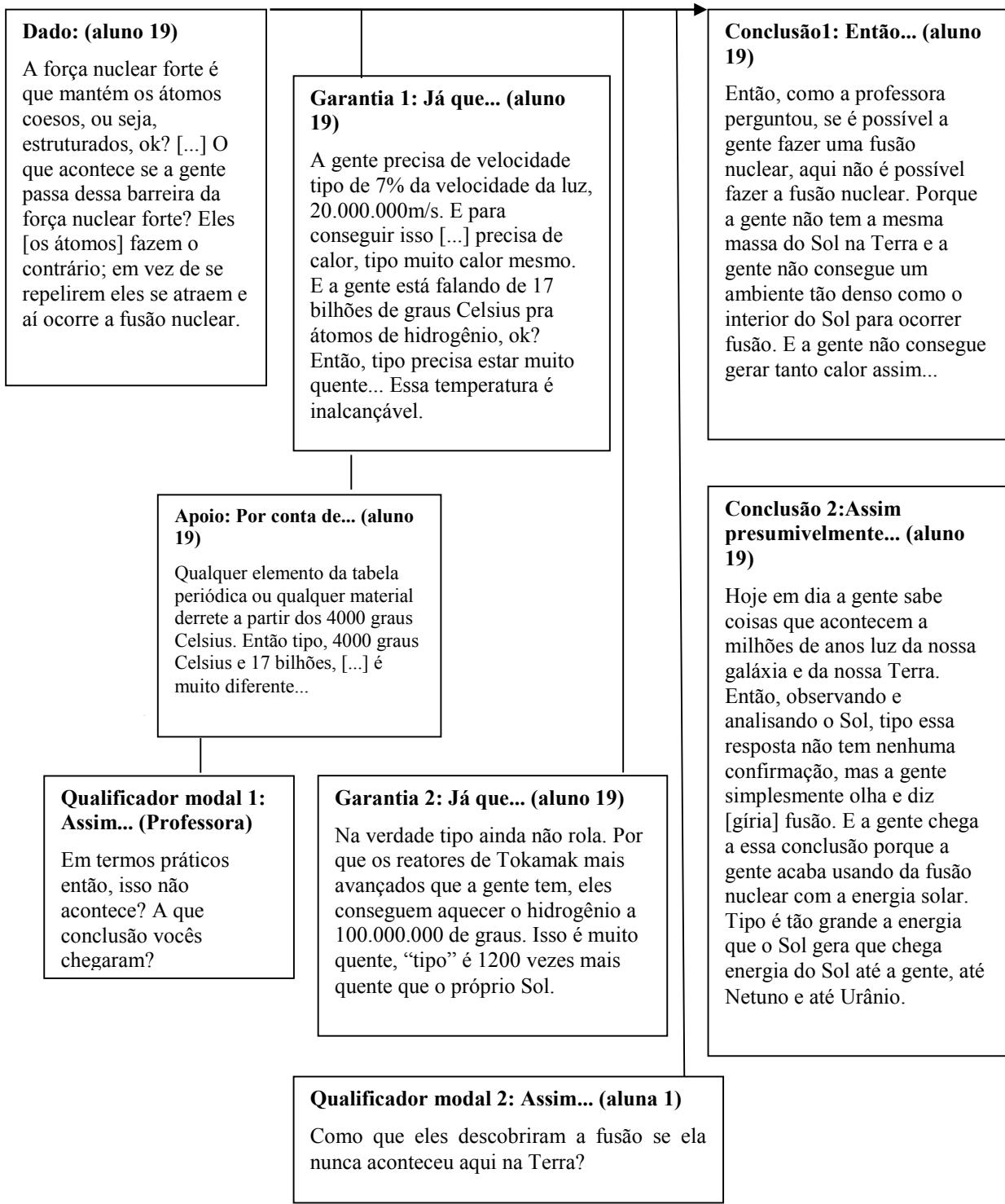
Análise 5:

Esse argumento pode ser nomeado como conceitual e valeu-se de exemplificação e comparação como estratégia de persuasão do público. O discente estabeleceu um paralelo entre os processos de fissão e fusão explicando a fusão ocorrida no Sol, o que engrandeceu sua fala. Apesar de se mostrar preparado utilizou uma linguagem informal. Percebe-se que ainda há necessidade de aperfeiçoamento no vocabulário utilizado, pois quando o Aluno 19 diz que o átomo de hidrogênio é mais pesado o termo ideal seria mais massivo. Ainda foi perceptível a repetição da palavra “muita” denunciando a intenção de dar ênfase na quantidade de energia produzida no processo de fusão, e mesmo a presença de vícios de linguagem como “tipo” demonstrando um pouco de nervosismo.

Nota-se a persistência da dificuldade em mensurar valores denotando a aversão pelos cálculos, pois em momento algum foram citados com destaque (ao contrário do que aconteceu nas monitorias), e sua explanação foi bastante superficial. Apesar de pronunciar os números os quais são de grande importância no entendimento dessa parte, as proporções comparativas não foram exatas (um grama de Urânio 235 libera tanta energia como a queima de 1000 kg de carvão). A declaração do aluno (Enquanto “tipo” um 1 kg de carvão gera sei lá energia para alimentar uma casa, 1 kg da fusão de Hélio vai gerar “tipo” para alimentar o mundo inteiro) foi uma suposição sem comprovação científica.

Contudo, demonstrou-se a aplicação prática do conceito físico trabalhado ao se colocar as vantagens do processo de fusão e elegê-la como uma fonte de energia viável para a sociedade moderna. Para conferir validade ao dado, o estudante elucidou a fusão ocorrida no Sol. Nenhuma das informações citadas foi contestada pela turma havendo concordância. Seu argumento abarcou vários elementos do TAP e seguiu uma linha de raciocínio coerente apresentando estrutura mediana. Como decorrência, o aluno conseguiu passar a mensagem de forma simples e dinâmica.

Figura 10: Fala do aluno 19 no TAP (Análise 5 do seminário 3)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 6:

O aluno manifestou-se com entusiasmo conseguindo sintetizar as discussões ocorridas durante as monitorias. O discente fez uma retomada nas falas dos colegas, e inclusive,

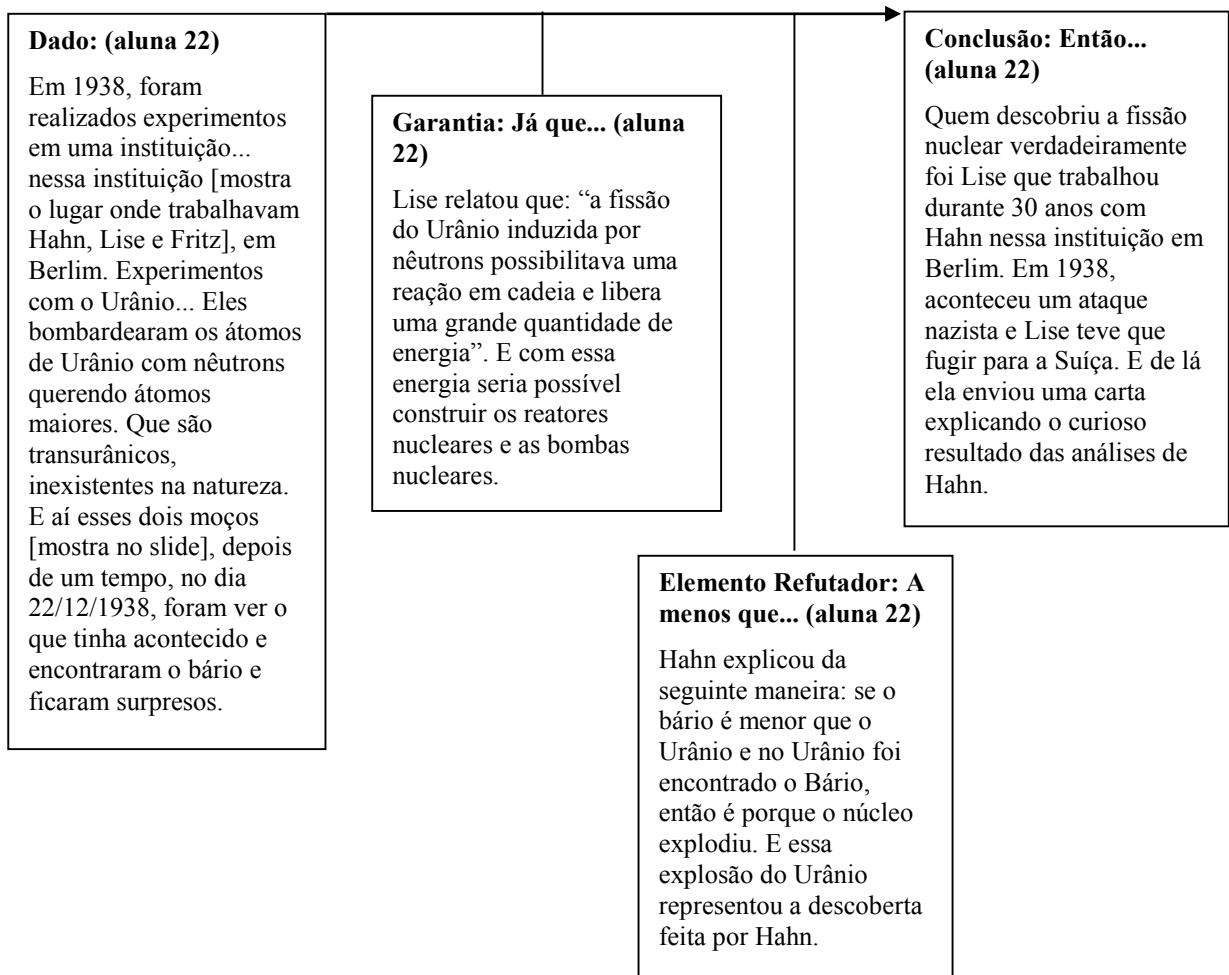
citou informações que pertenciam também à temática de outros grupos para fortalecer sua argumentação, denunciando um estudo mais aprofundado. Mais uma vez utilizou linguagem informal, era como se estivesse em um bate-papo com os amigos. Apesar de se considerar um péssimo desenhista, os esboços colocados no quadro cumpriram o papel desejado e contribuíram para a elevação do grau de força de seu argumento. O fato de ele ser brincalhão e extrovertido acabaram corroborando para uma participação mais ativa dos ouvintes.

Seu argumento é conceitual, já que envolve princípios como o de força nuclear forte e fusão nuclear. Ele foi muito bem estruturado tanto no emprego de elementos que o TAP nomeia primordiais, quanto em relação à científicidade. Com a objeção da colega houve oportunidade de colocar as dificuldades encontradas no processo investigativo em razão de o grupo não chegar a uma resposta “exata”. Ainda assim, nota-se a presença de duas conclusões oportunas. A primeira correlacionada à garantia 1, ao apoio e ao qualificador modal 1. E logo após a conclusão 1, foram lançadas a garantia 2 e o qualificador modal 2, culminando na segunda conclusão. Não obstante esta ser construída no campo das possibilidades o conjunto de todas as informações levou os discentes à compreensão de que as palavras do aluno 19 mereciam confiabilidade.

Observa-se na Figura 9 uma organização diferente justificada pela quantidade de elementos do TAP envolvidos na argumentação e pela participação da plateia. A estrutura do argumento é complexa. O TAP, como já dito anteriormente, não leva em conta as questões contextuais, cabem então algumas adaptações para que seja possível seu uso nas demandas de sala de aula com êxito. Trata-se de um discurso argumentativo- interativo o qual envolveu questões polêmicas. O argumento proporcionou na práxis da turma uma averiguação do quanto questionamentos favorecem os aprendizados. Sucedeu a apuração de que a ciência não é feita de verdades absolutas e está sempre evoluindo a cada dia mediante os recursos tecnológicos.

Seminário do Grupo 4: Acidentes nucleares e o uso da radioatividade

Figura 11: Fala da aluna 22 no TAP (Análise 7 do seminário 4)



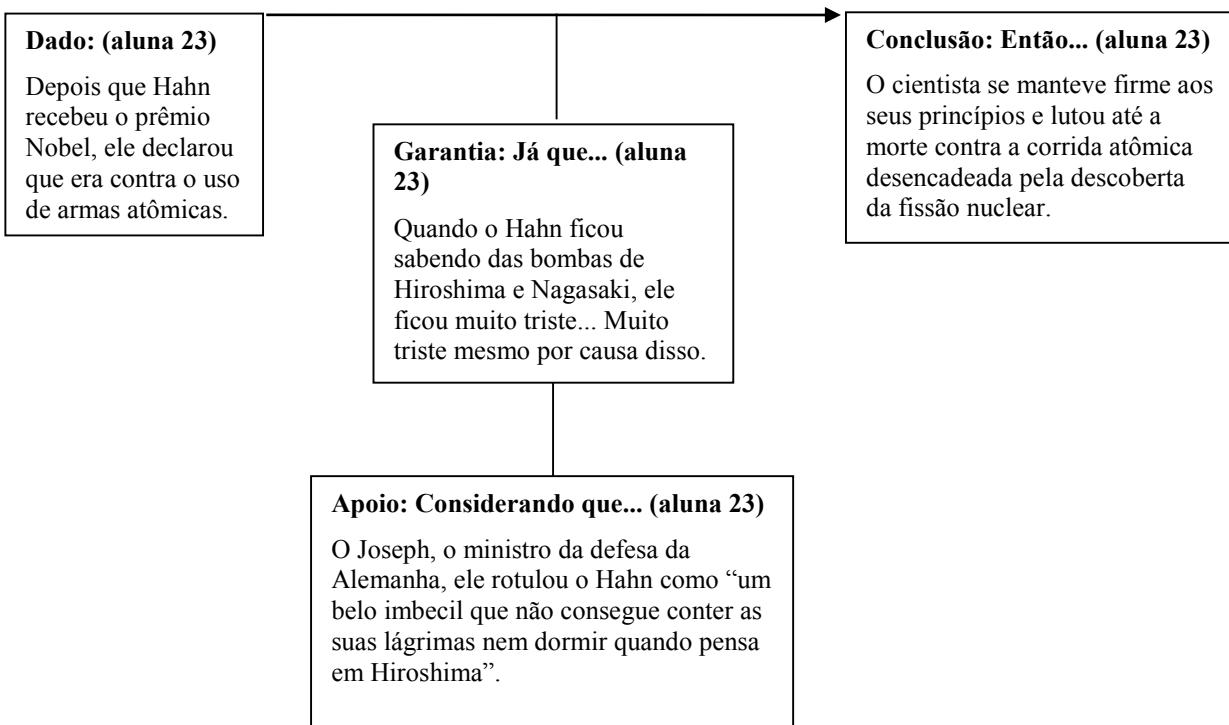
Fonte: elaborada pelos autores.

Análise 7:

Em seu argumento, a Aluna 22 utilizou o artifício da evidência através de fatos históricos relevantes a fim torná-lo mais compreensível. Fica notória a dificuldade de pronunciar alguns nomes em língua estrangeira, causando certo embaraço. Em suas pesquisas, a estudante percebeu que apesar de Hahn levar a fama pela descoberta da fissão nuclear, quem realmente chegou a uma sistematização de informações nesse sentido, foi sua assistente Lise, embora nunca tenha recebido reconhecimento pelo feito. Suas palavras trazem um tom de denúncia e indignação.

A argumentação é carregada de conhecimentos históricos e científicos. Em relação à estrutura, o argumento atende a uma organização satisfatória sendo mediano. Não há repetição de palavras ou utilização de gírias. A estudante é bastante tímida e mostrou-se tensa no momento de sua apresentação. No entanto, a consistência nas informações revelou um processo investigativo criterioso e ela não foi contraposta pelos colegas.

Figura 12: Fala da aluna 23 no TAP (Análise 8 do seminário 4)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 8:

Após uma longa fala (da Aluna 22) sobre a descoberta da fissão nuclear pelo cientista Hahn e sua assistente Lise, e a invenção das bombas atômicas (Apêndice), a Aluna 23, que já havia se manifestado, pediu a palavra à colega para dar ênfase ao dado acima.

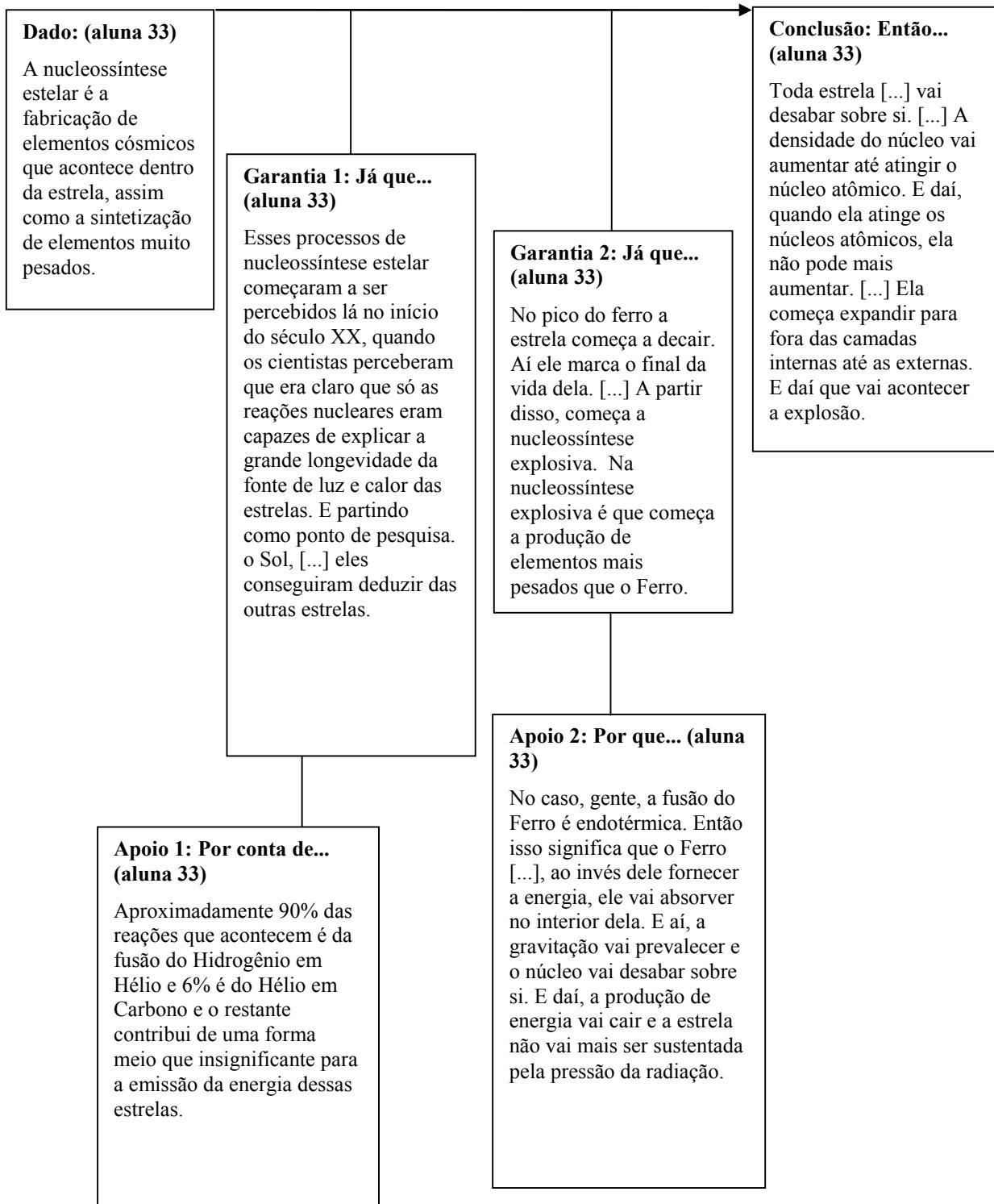
Sua expressão foi simples e desprovida de muita científicidade, mas carregada de emoção. Pela postura da estudante e o tom de voz notou-se a grande importância de seu discurso para o Grupo 4. O posicionamento contra o uso bélico da energia nuclear era crucial, em especial após os vídeos e imagens mostradas como consequência das bombas de Hiroshima e Nagasaki. Suas informações foram contextualizadas e continham implicações históricas.

Sua argumentação foi de ordem declarativa e, na sustentação da mesma, a estudante serviu-se da autoridade de Hahn (cientista que ganhou prêmio Nobel pelo descobrimento da fissão nuclear). Ela ainda enfatizou as consequências do mau uso da fissão fazendo alusão a fatos históricos e imagens (nos slides). O argumento se ajustou facilmente ao padrão de TAP e assumiu estrutura mediana.

Apesar da simplicidade das ideias e linguagem coloquial, a aluna atingiu seu objetivo argumentativo. Ao se referir à postura de Hahn ficou óbvio que havia anuênciam de todos. A turma de forma geral demonstrou aprovação ao posto, pois todos reconhecem o perigo de uma descoberta tão importante cair em mãos impróprias (Este fato foi discutido durante as monitorias em quase todos os grupos).

Seminário do Grupo 5: Um pouco de evolução estelar e as forças fundamentais da natureza

Figura 13: Fala da aluna 33 no TAP (Análise 9 do seminário 5)



Fonte: elaborada pelos autores

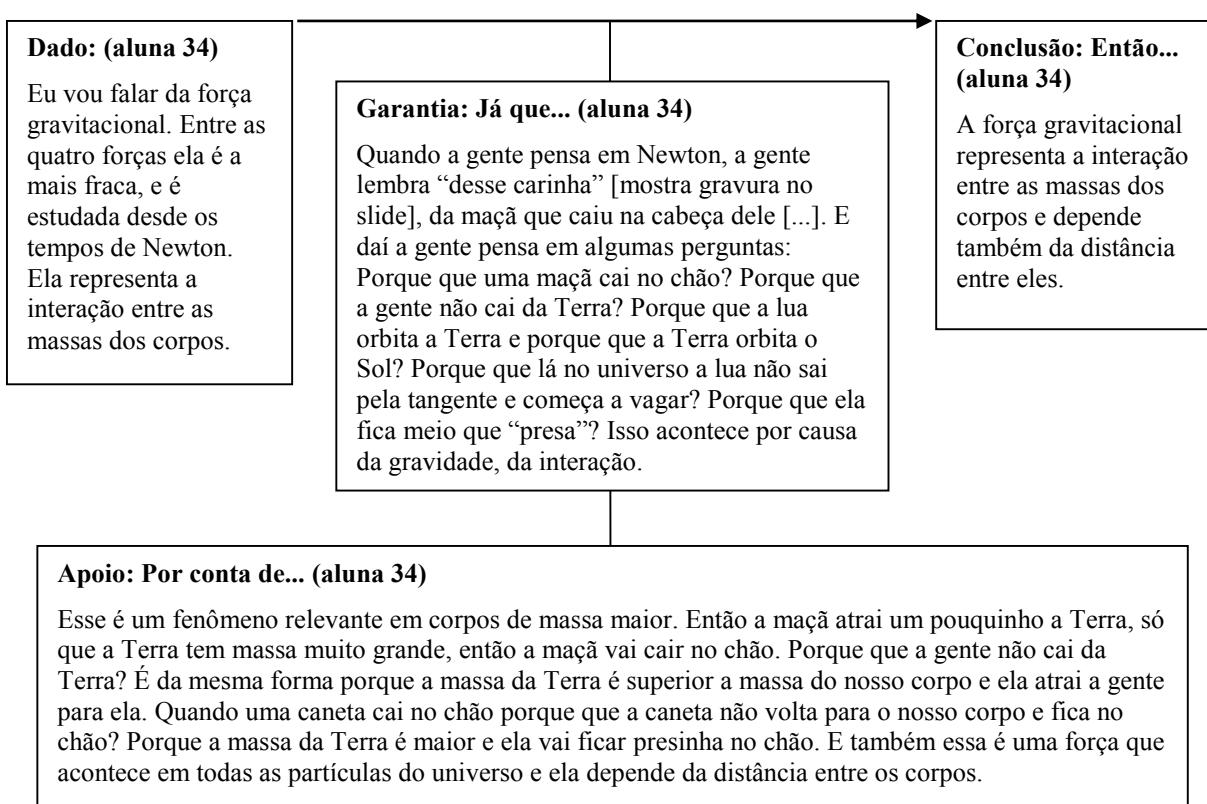
Análise 9:

A fala da aluna mostra um entendimento profundo sobre o tema. A estrutura de seu argumento ressalta as relações lógicas entre as proposições revelando uma estrutura complexa. A riqueza de imagens utilizadas como recurso didático também fortaleceu seus posicionamentos. Nota-se a importância do processo investigativo e o envolvimento cognitivo em comparação com as monitorias.

A estudante transmite segurança e bom ânimo ao passar suas informações. A linguagem empregada é rebuscada com fartura de garantias, apoios e termos científicos. Além de várias conceituações importantes no entendimento do tópico a discente utilizou aportes históricos e matemáticos na sustentação argumentativa.

Todavia, em alguns momentos, notam-se vícios de linguagem (e aí, e daí) que denunciam certa ansiedade. Um dos fatos que trazem validade aos argumentos é a autoridade de quem está falando, pois a Aluna 33 é conhecida entre os colegas por ter como hobby o estudo do universo. Seus pontos de vista foram aceitos pela turma.

Figura 14: Fala da aluna 34 no TAP (Análise 10 do seminário 5)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 10:

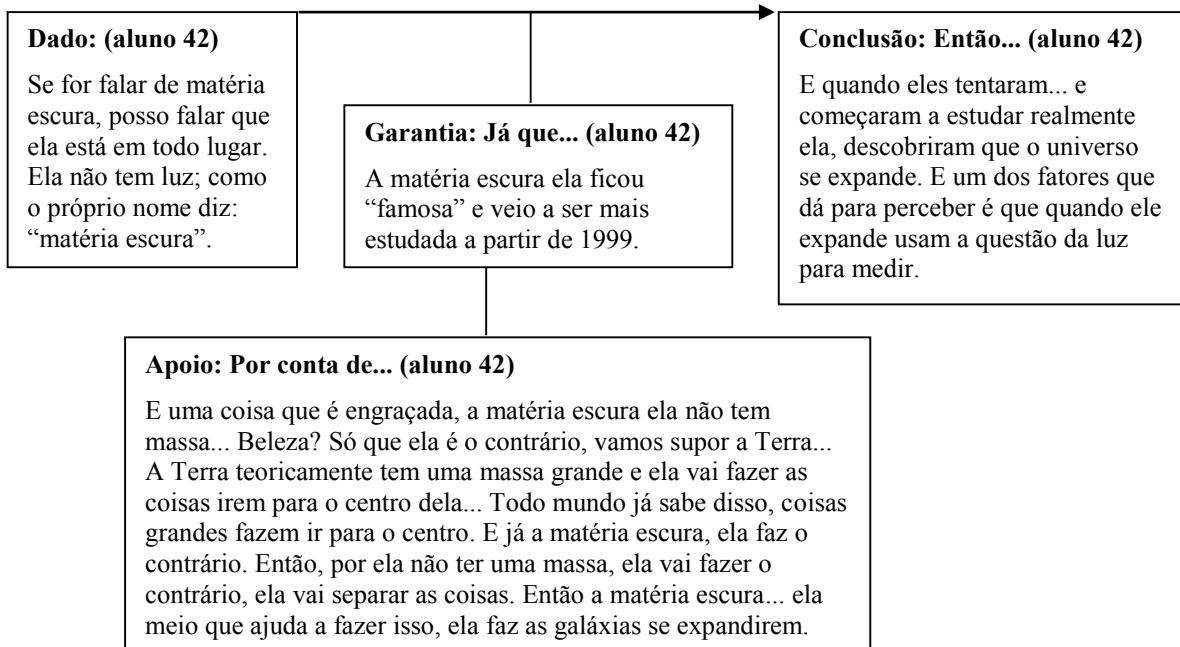
A Aluna 34 não trouxe em sua argumentação as novidades do conteúdo que foram trabalhadas durante as monitorias. O fato dela explicar a estabilidade da órbita da Lua apenas lançando mão da força gravitacional, deixa em aberto o problema de porque este satélite e a Terra não se encontram. Afinal, só existiriam forças atrativas presentes e a simples atração Terra-Lua não tem como evitar o encontro. Contudo, o tema que já era de conhecimento geral foi abordado de forma interessante. Ao contrário do ocorrido na fase investigativa quando a equipe apresentou dificuldade em formalizar seu problema de pesquisa, a aluna problematizou e discutiu as aplicações práticas das interações gravitacionais.

Em se tratando das proporções matemáticas da equação (entre massa e distância), seus posicionamentos foram vagos e superficiais. Na expectativa de intensificar a força argumentativa, a estudante trouxe exemplos rotineiros que não causaram ambiguidades. A estrutura do argumento apresenta coesão permitindo a inferência da conclusão a partir de seus elementos básicos e pode ser classificado quanto ao TAP como mediano.

A aluna obteve o respaldo dos colegas apesar do não aprofundamento nas inovações acessadas durante a investigação. Surpreendentemente não foi abordada a relação entre a força gravitacional e as demais, como ocorreu durante as monitorias. Fica notório que questões emocionais (ansiedade, nervosismo, etc.) interferem na performance dos estudantes. Uma falha técnica no equipamento de mídia da escola atrasou o início do seminário e deixou todos preocupados com o horário. Este fato pode de certa forma, justificar a omissão dessa parte da pesquisa realizada pelo grupo na fala da estudante. Entretanto, mesmo essa falta de aprofundamento parece indicar pelos integrantes do grupo um bom controle do tempo destinado à apresentação.

Seminário do Grupo 6: Partículas fundamentais da matéria-antimatéria e um pouco de cosmologia

Figura 15: Fala do aluno 42 no TAP (Análise 11 do seminário 6)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 11:

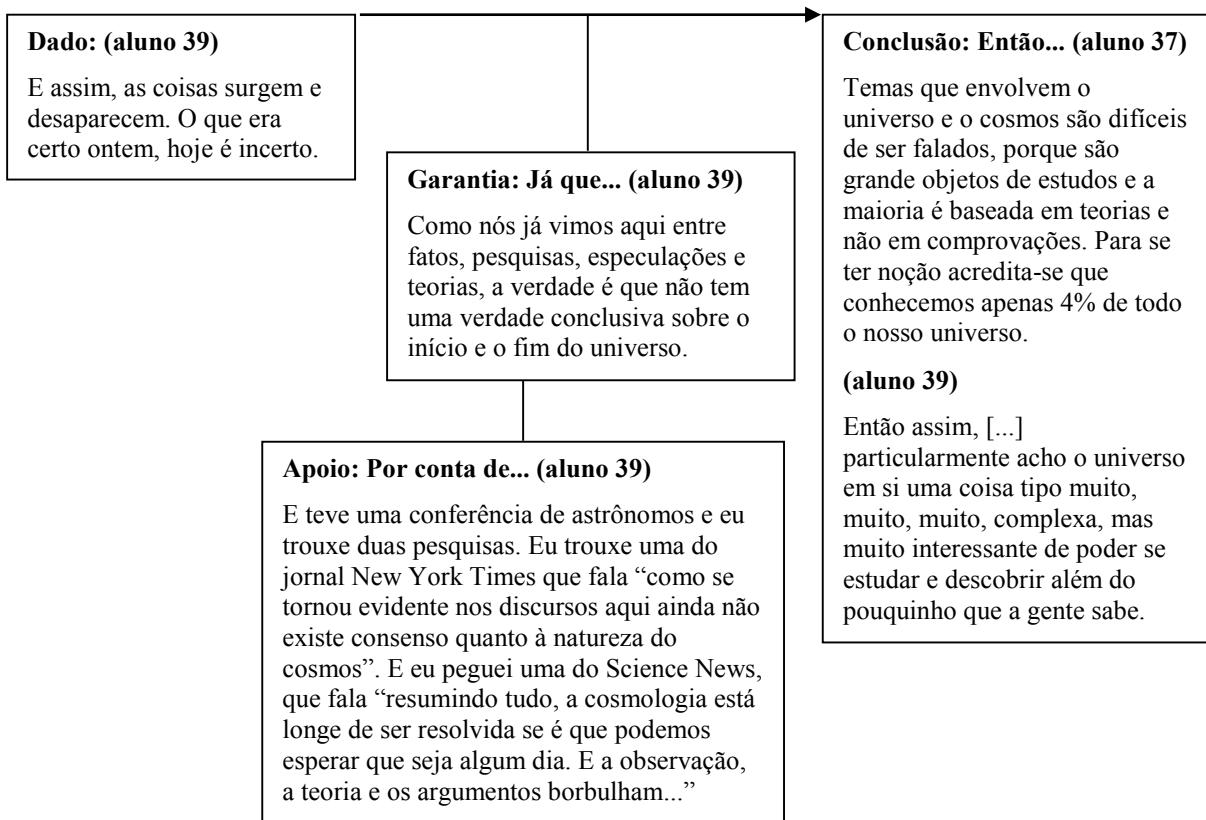
No discurso do Aluno 42, os elementos do TAP aparecem de forma desordenada, e ainda assim, a ideia foi transmitida com efetividade (vide Apêndice, p. 121). A estrutura pode ser classificada como mediana e prevalece um raciocínio lógico que, em conjunto com recursos visuais também utilizados, favoreceu o convencimento dos colegas.

Percebe-se uma linguagem informal, no entanto, os conhecimentos científicos estão inseridos em sua fala de forma contextualizada. Seu argumento foi construído no campo de informações suscetíveis, mas a segurança na voz e o intercâmbio comparativo com conhecimentos prévios da turma sobre a força gravitacional foi benéfico, pois já havia sido abordado.

Salienta-se que, no dado, o aluno diz que a matéria escura não tem luz. Deve-se considerar que matéria alguma possui luz, pois luz é uma emissão de radiação eletromagnética

pela matéria, logo não é algo que ela possua. E, no apoio, ele afirma que a matéria escura não tem massa. Pode-se dizer que ela não tem o tipo de massa conhecida ordinariamente, mas exerce força gravitacional repulsiva. Esses detalhes revelam a importância de continuidade na (re)construção dos conhecimentos. Nas monitorias houve grande incerteza sobre a matéria escura e as teorias que a envolvem. Portanto, nota-se avanço cognitivo e crítico quando o aluno após verificar várias fontes de pesquisa, mesmo não havendo exatidão de resultados, consegue se posicionar com lógica aclarando as circunstâncias apropriadamente.

Figura 16: Fala dos alunos 37 e 39 no TAP (Análise 12 do seminário 6)



Fonte: elaborada pelos autores

Análise 12:

O temor do grupo de não ter seus argumentos aceitos pela turma evidenciou-se na conclusão, quando o Aluno 37 coloca a dificuldade de abordar as temáticas concernentes ao universo. No entanto, a argumentação bem estruturada, trazendo garantias que inspiraram a confiança dos colegas, mesmo a postura firme e coesa da equipe, surtiram o efeito desejado.

Seus suportes teóricos demonstram um amplo processo investigativo, já que utilizaram até referências em inglês, aproveitando a habilidade de dois integrantes que têm

fluência na língua. As reportagens citadas na argumentação foram disponibilizadas para a turma na íntegra demonstrando o cuidado da equipe com a persuasão dos colegas de forma fundada.

No TAP o argumento apresenta uma estrutura mediana. Os pontos de vista foram apresentados de forma conexa valorizando os recursos utilizados e corroborando para a elevação do grau de força do argumento.

A repetição da palavra “muito” procura intensificar as incertezas e concomitantemente aclara o nervosismo do aluno. A harmonia dos integrantes é vivenciada ao observarmos a abertura feita pelo Aluno 37 com uma fala que também serve de conclusão ao argumento do Aluno 39 ao fazer o fechamento das reflexões sobre o universo. O grupo atingiu o objetivo ao compreender como se faz ciência e esclarecer para os colegas seu caráter transitório.

4.5 Composição das categorias

Para Bardin (2011), a categorização é ação corriqueira desde a infância. As pessoas têm o hábito de recortar, classificar, ordenar e agrupar utilizando critérios para justificar seus arranjos. A autora defende a essencialidade desta etapa na atividade científica e aponta como características de um bom conjunto de categorias a exclusão mútua, a homogeneidade, a pertinência, a objetividade e a probabilidade.

Algumas categorias foram fundadas a fim de ressaltar peculiaridades tanto na constituição do argumento quanto em questões pedagógicas primordiais para que se tenha um ensino de qualidade. Além, de destacar situações já discutidas ao longo da investigação. O processo de categorização adotado no estudo em quadro foi o acervo, visto que não havia categorias pré-estabelecidas. Essas são decorrentes da qualificação analógica e progressiva dos elementos. As categorias 1, 2 e 3 dirigem nossa atenção para o conteúdo utilizado na construção do argumento, enquanto as categorias 4, 5 e 6 estão proferidas a fim de observar sua estrutura tendo como parâmetro o TAP.

Quadro 12: Categorias de análise

	Categorias	Nível
1	O aluno apresenta em sua fala informações com teor científico considerável quando comparado as referências bibliográficas acessadas durante o processo investigativo e aponta aplicações práticas dos conceitos físicos abordados.	3
2	O aluno concede informações científicas condizentes com as pesquisas realizadas e as apresenta de forma contextualizada. No entanto, não demonstra a utilidade rotineira dos tópicos trabalhados.	2
3	O aluno profere informações que contém conhecimento científico, contudo as expõe sem contextualização e funcionalidade.	1
4	Argumento simples - O aluno organiza seu ponto de vista utilizando os elementos básicos do TAP (dado, garantia e conclusão).	1
5	Argumento com nível mediano – O aluno emprega um elemento acessório do TAP na formação do seu argumento (apoio, qualificador modal ou elemento refutador) ou apresenta mais de uma garantia para suas alegações.	2
6	Argumento mais complexo – O aluno apresenta mais de um elemento acessório na estrutura do argumento, interligados coerentemente manifestando raciocínio lógico e habilidade na elaboração de ideias.	3

Fonte: elaborado pelos autores

As categorias instituídas indicam a trajetória dos estudantes no EI apontando a transposição do senso comum para os conhecimentos científicos. E ao relacioná-los a contextos os quais lhes são familiares, nota-se que a investigação seguiu uma linha bastante significativa conectando teoria e prática.

A aplicação (ou correlação) dos conhecimentos físicos em situações cotidianas presente na categoria 1 demonstra o alcance de uma das nossas metas. Um grande problema detectado no início da pesquisa foi a impressão da inutilidade de tais conhecimentos por parte dos alunos.

Observa-se ainda, o avanço do EI trabalhado em grupos de estudantes, pois lhes oportuniza grande envolvimento com a argumentação. Os alunos ao longo das aulas vão se habituando a apresentar ideias, rebater o que lhes parece errado, buscar soluções em diferentes fontes e debater com a equipe.

As categorias estruturais realçam o mérito dos discentes conseguirem assimilar, mesmo que intuitivamente, a seriedade da ligação lógica entre as informações proferidas na validação de suas alegações. Completa-se o dito com o entendimento dos mesmos sobre a proporção direta entre o embasamento teórico anexado e a força do argumento.

Nota-se que a despeito da sua insciência em relação ao TAP, a atitude interativa da professora com a turma no EI serviu de exemplo para que seus argumentos tivessem uma organização desejável.

Em relação à avaliação, os diferentes níveis de desenvolvimento argumentativo aflorado nas categorias devem ser confrontados com as características individuais de cada estudante. Por exemplo, um argumento mediano para um estudante tímido, resistente a falar em público, representa maior progresso que para um estudante extrovertido.

As categorias estabelecem um elo entre as observações realizadas em nosso estudo e o aporte teórico utilizado. De certa forma, elas denunciam os resultados alcançados bem como as melhorias que devem ser empreendidas em oportunidades futuras.

Quadro 13: Categorização final

Seminários/ Análises		Estrutura do argumento - TAP		Conhecimento Científico		Total
		Categoria	Nível	Categoria	Nível	
Seminário 1	Análise 1	5	2	2	2	4
	Análise 2	5	2	3	1	3
Seminário 2	Análise 3	5	2	3	1	3
	Análise 4	6	3	1	3	6
Seminário 3	Análise 5	5	2	1	3	5
	Análise 6	6	3	1	3	6
Seminário 4	Análise 7	5	2	1	3	5
	Análise 8	5	2	3	1	3
Seminário 5	Análise 9	6	3	2	2	5
	Análise 10	5	2	1	3	5
Seminário 6	Análise 11	5	2	1	3	5
	Análise 12	5	2	1	3	5

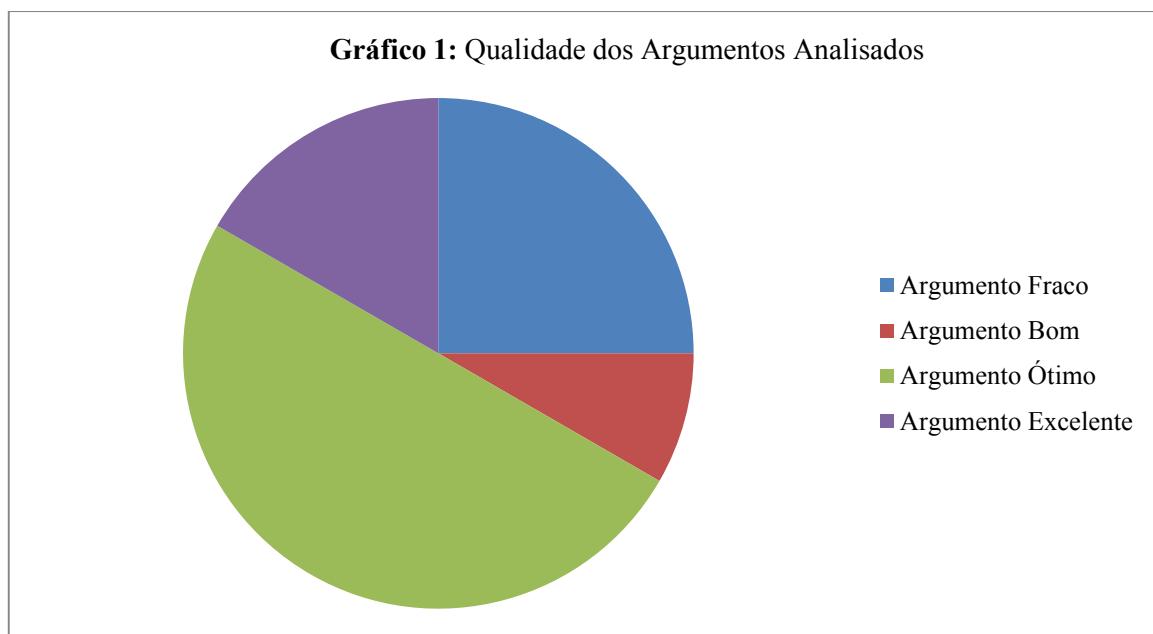
Observação: A soma máxima de acordo com os níveis é 6. Assim, consideramos os argumentos que alcançaram total 3 como fracos, aqueles com o total 4 são bons, os que obtiveram 5 são ótimos e os que conseguiram 6 são excelentes.

Fonte: Elaborado pelos autores

Erduran, Simon e Osborne (2004) classificam os argumentos em níveis segundo a presença de elementos do TAP para facilitar a análise. O nível na conjuntura do nosso estudo cumpre a função de associar aspectos estruturais e pedagógicos, contribuindo para a identificação de características específicas na argumentação dos estudantes. Ao contrário do que ocorre em contextos quantitativos, nossa intenção não foi de mensurar valores, mas enriquecer a apreciação do conjunto de dados, agregando cognição e habilidade na construção

de argumentos. O equilíbrio entre a abstração e o concreto, também ressaltado como elemento valoroso no meio científico, foi nosso alvo bem como a consideração da frequência e ausência de determinadas particularidades no discurso (BARDIN, 2011).

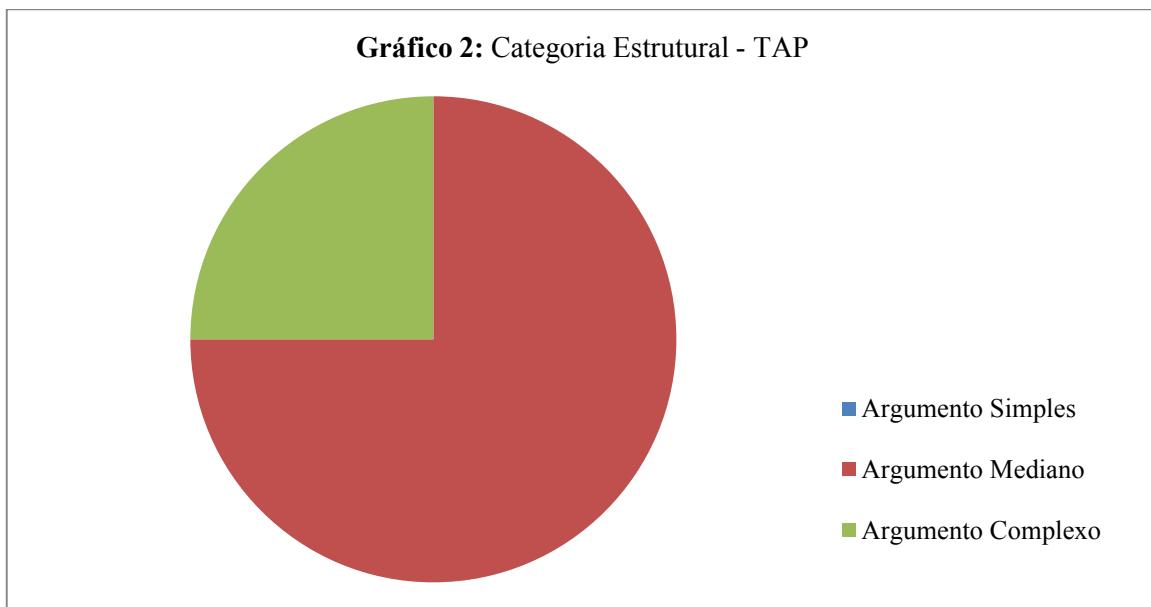
O total representa a soma dos níveis referentes às categorias estruturais e epistêmicas. Observa-se que 25% dos argumentos (total 3) apesar de apresentar uma estrutura mediana quando encaixados no TAP são fracos por possuir conhecimento científico descontextualizado e sem funcionalidade. 8,33% (total 4) são bons, pois apresentaram estrutura mediana e conhecimento científico contextualizado, 50% dos argumentos (total 5) foram considerados ótimos sendo que destes 41,67% são medianos quanto à estrutura no TAP, contudo apresentaram conhecimento científico contextualizado e com aplicações práticas e 8,33% apresentou estrutura complexa e conhecimento científico contextualizado. 16,67% são excelentes por possuir maior grau de complexidade no TAP e ainda trazer conhecimentos científicos contextualizados e com aplicações práticas. Veja a representação no gráfico a seguir:



Fonte: Elaborado pelos autores

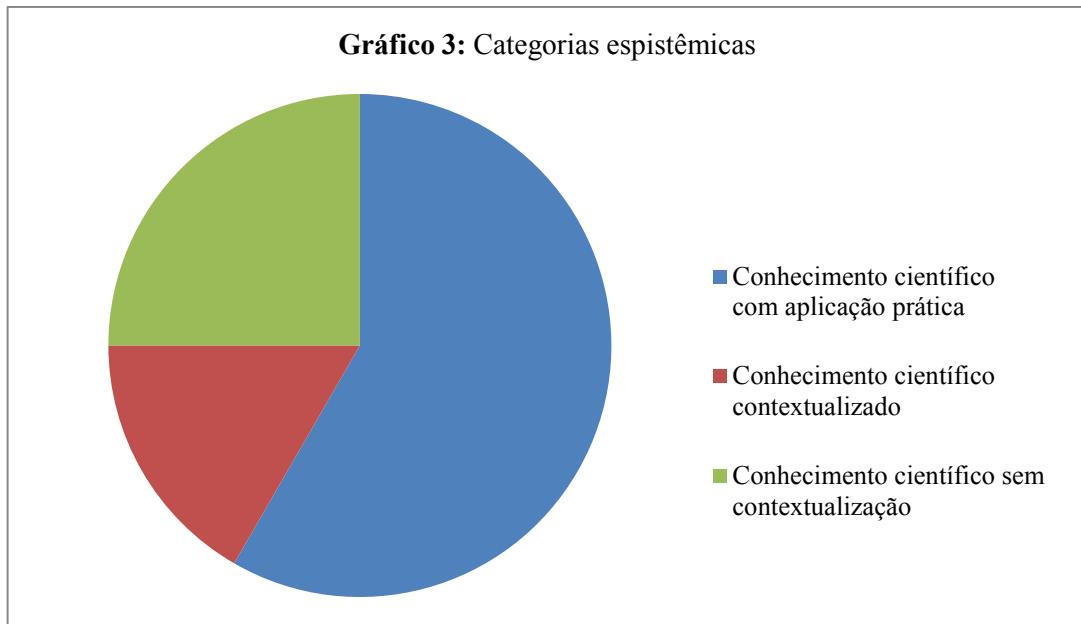
Sobreleva-se que não houve argumentos simples quando comparados ao TAP. De certa forma isso evidencia o esforço dos estudantes em colocar seus pontos de vista apresentando uma quantidade extra de garantias aos ouvintes. Assim, nenhum argumento se deteve apenas aos elementos básicos do TAP. Outro ponto importante a ser ressaltado, é a

evolução dos estudantes em relação às monitorias, quando muitas vezes nem mesmo esses elementos eram configurados no discurso argumentativo. Destaca-se a ação dialógica da docente com a turma no EI como uma possível explicação para a elaboração de argumentos mais aperfeiçoados por parte dos alunos. Destarte, todos apresentaram elementos acessórios, sendo que 75% obtiveram estrutura mediana e 25% complexa. O gráfico adiante retrata tal fato:



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao enfatizar questões epistêmicas associadas aos conceitos, definições, contextualização e aplicação dos tópicos estudados, avista-se que a maior parte dos argumentos atendeu aos objetivos do estudo. Portanto, 58,33% dos argumentos apresentaram os temas de forma a reconhecer o uso prático e circunstancial dos subsídios obtidos, 16,67% colocaram os conhecimentos científicos contextualizados e sem funcionalidade, e 25% apenas abordaram os conhecimentos científicos sem contextualizar ou apontar uma utilidade para eles. As proporções matemáticas podem ser percebidas com maior clareza no gráfico abaixo:



Fonte: Elaborada pelos autores

Em linhas gerais, identificou-se vários benefícios advindos da metodologia aplicada. E apesar de entreverem-se ajustes necessários ao seu aprimoramento, a aprendizagem pode ser salientada nas porcentagens visualizadas nos gráficos, também verificadas no DPP que inclue dados das monitorias e nos áudios.

5 CONCLUSÕES E ENCAMINHAMENTOS

A sociedade contemporânea e suas constantes transformações requerem novos rumos para o ensino de Física. A função do educador configura-se como extremamente reflexiva convertendo-o em pesquisador de sua própria prática. Existe o imperativo para que se deixe o papel de “transmissor” de conhecimentos pré-estabelecidos e se coloque como principal organizador da aprendizagem.

Deste modo, o professor é inspirado por demandas as quais sinalizam a importância do educando estar apto a lidar com diversas informações, linguagens e tecnologias a fim de estabelecer comunicação com o mundo real: questionando-o, construindo saberes e solucionando problemas.

Todavia, a introdução de novas estratégias pedagógicas é sempre um desafio e requer prontidão do docente para assumir suas aspirações e respectivos riscos, bem como suas fragilidades. A priori, ansiou-se diminuir a distância entre professora e alunos mediante uma conduta didática que conquistasse à presença efetiva e concomitante de ambas as partes. Como optamos pelo desenvolvimento da argumentação no ensino de Física por investigação, tudo foi novidade.

No modelo tradicional, um professor cujo papel é responder prontamente as perguntas dos discentes e não o faz, é incompetente. Aquele que ao invés de preparar sua aula e ministrá-la “inventa” seminários para que os alunos o façam, é preguiçoso, e está “empurrando sua tarefa com a barriga”. Quebrar paradigmas não é simples, e mesmo havendo um clamor dos discentes por aulas diferentes existe certa acomodação ao sistema clássico. Ainda assim, após o estranhamento inicial, no caso específico dessa pesquisa, a experiência foi de grande crescimento profissional/pessoal para a pesquisadora e pessoal/cognitivo para os estudantes.

Na apresentação da proposta de investigação e seus objetivos aos alunos houve euforia. A surpresa da classe ao ter a oportunidade de propor o tema de estudo era perceptível e logo em seguida eles puderam escolher suas equipes de trabalho culminando em uma explosão

de alegria. Acredita-se que o ambiente propício à autonomia tenha causado um efeito revigorante nos estudantes. Eles se sentiram parte essencial no processo de ensino e não apenas receptores, pois opinaram e tomaram decisões importantes. Registra-se a essencialidade da conscientização por parte dos estudantes de que suas atitudes podem transformar os resultados não apenas dentro da escola, mas na sociedade.

A professora desempenhou um papel importante no sentido de orientar e estabelecer parceria trazendo à tona o espírito de equipe e descartando o encargo de única condutora de conhecimentos. Deste modo, modificou também a função dos alunos, que mediante os incentivos e oportunidades interativas em diferentes situações, foram edificando sua aprendizagem e transformando seus comportamentos de forma cada vez mais crítica e consciente. Essa relação de confiança entre professora e alunos quebrou inúmeras barreiras e incitou a persistência a despeito dos obstáculos surgidos durante o processo de ensino.

Estabelecer esse vínculo supraindicado constituiu-se a primeira perturbação do contrato didático pré-existente. Quando ao perguntar, o estudante não tinha resposta imediata da professora, sua atitude era de descontentamento e indignação. Com o passar do tempo, eles perceberam que a docente não atendia a solicitação, porém estava junto, dialogava e até colocava outras questões para assinalar um caminho. Ao contrário das metodologias usuais, os alunos puderam estar com ela em menor número, em ambiente diferente da sala de aula, e ainda, ocorriam conversas nos grupos virtuais criados para este fim. Assim, a turma foi se tranquilizando ao enxergar o interesse da mesma em sua aprendizagem por intermédio da ponderação. Nessa nova situação o trabalho da professora era maior que anteriormente.

Desta forma, durante a execução do estudo em foco, compreendeu-se o quanto a postura do professor frente à turma, reflete-se na atitude dos estudantes, sendo essencial para o êxito no processo educacional. Percebeu-se também a ligação dos trabalhos escolares às questões afetivas, como afirmam Neves e Boruchovitch (2007). Portanto, o jeito como a docente se familiarizou com a turma foram substanciais, pois é impossível separar emocional, razão e cognitivo. Coube à professora estabelecer um convívio cooperativo propiciando uma aprendizagem colaborativa. Ela não é a dona da verdade e mostrou aos alunos a importância de trabalharem juntos na construção do saber. Esse endosso preceptorial fez com que eles se sentissem capazes e isso facilitou a comunicação expandindo as possibilidades de conquistas valorosas.

Nesse prisma, a professora investiu em preparo adicional no conteúdo para que pudesse conceder ajuda ajustada e agir com segurança, demonstrando habilidade

problematizadora e argumentativa, servindo como exemplo aos estudantes. O comportamento receptivo com a turma quebrou barreiras de baixa auto-estima, falta de conhecimento ou conformismo com a atitude passiva de antes. Como as circunstâncias eram singulares, em vários momentos, a docente se deparou com impasses para gerenciar produtivamente as equipes. Por exemplo, quando havia contra argumentos sobre teorias e um aluno não conseguia convencer o outro, a equipe logo passava a responsabilidade de dar um veredito à professora que obviamente deveria ter uma decisão certeira, em ocasiões nas quais nem os cientistas o faziam. Todavia, nos instantes de maior tensão surgiam oportunidades de aprendizagem ímpar proporcionando visão crítica para além dos tópicos trabalhados.

Por isso, a ação mentora tornou-se fundamental no desenvolvimento da argumentação, bem como na estimulação dos estudantes. A perspicácia de aproveitar os pontos fortes dos seus alunos constituiu-se em um elemento a ser construído na prática docente. Uma questão bastante abordada com a classe foi: “ninguém é bom em tudo”. Entretanto, o trabalho em equipe permitiu a divisão de tarefas e o apoio mútuo. A condição era que todos estivessem a par do assunto, preparados para responder as perguntas dos colegas e colocando em prática seus conhecimentos no cotidiano. De tal modo, uma atuação tencionando uma performance coletiva foi indispensável.

As intervenções docentes direcionaram o desenvolvimento de propostas investigativas sem acenar com respostas prontas, impulsionando o levantamento e averiguação de hipóteses. A postura analítica e ao mesmo tempo acolhedora incentivou o diálogo e a colocação dos pontos de vista essenciais na estruturação do argumento. Acredita-se que o assombro com a inovação foi superado mais rapidamente por estarem em grupos, pois eles se sentiram amparados uns pelos outros. O pensar juntos foi formidável e o fato da nota atribuída à atividade ser individual compeliu a participação de quase todos. O porte crítico da turma e a visão para além dos conceitos físicos foram propícios.

O EI instigou a busca de respostas viáveis no contexto estudado. Esta averiguação exigiu leitura, pesquisa, diálogo com os colegas, verificação de suposições, justificação de opiniões, raciocínio lógico, análise crítica e construção de argumentos, algumas vezes confirmados outras refutados. Depreendeu-se o esforço da classe na atividade de examinar várias fontes. O progresso na disposição e zelo para efetuar tais tarefas foi apreciável. A abordagem de questões históricas, éticas, sociais, ambientais e econômicas que estavam interligadas no conteúdo específico foi explorada com ótimas repercussões. Aqui, o protagonismo foi inevitável!

O ambiente criado pelo EI permeou as aulas de entusiasmo, curiosidade e união da equipe para chegar a um denominador comum. Como se tratava de um tema com várias aplicações tecnológicas, e cercado de controvérsias quanto aos perigos do seu uso deliberado sem a cautela necessária, as discussões eram ricas. Por mais que uma ideia não fosse aceita pelo grupo, em nenhum momento houve recriminação ou falta de cortesia entre eles. Os desacordos permaneciam no campo da Física Nuclear.

Outrossim, a argumentação dos alunos no ensino de Física por investigação ocorreu de forma muito natural, porque eles entenderam a significância de suas afirmações, não obstante elas estivessem incorretas, poderiam contribuir para o alcance do conhecimento científico. Os envolvidos, ao vislumbrarem as revoluções científicas, perceberam que a ciência não se prende a verdades incondicionais, mas se constitui numa grande jornada onde novas descobertas vão surgindo e enriquecendo ou descartando aquelas até então conhecidas.

Um aspecto de grande importância é a interferência de fatores externos ao planejamento do professor influenciando drasticamente em sua execução. Compromissos institucionais (mostras de cursos, JEMG, testes vocacionais, palestras...) não agendados previamente comprometeram expressivamente o tempo a ser utilizado no processo investigativo e na preparação dos seminários. Destaca-se esse grande desafio comumente encarado pelo docente, já que tais eventos sempre vão acontecer. Não existe justificativa para privar os estudantes de oportunidades sugeridas e são alheias ao que está em andamento no âmbito da sala de aula, mais especificamente de um professor em particular. Ressalva-se o grande esforço da escola pesquisada no sentido de conciliar os episódios sem prejuízos para a aprendizagem dos alunos, embora pareça impossível nessa situação.

Um coeficiente marcante para o sucesso da ação educativa se deveu à efetivação do currículo processual que suplantou a absorção de conteúdos objetivando a formação humana do educando conforme recomendam Santos e Schnetzler (1996). Clement (2013) tonifica essa percepção alertando para a mudança de perspectiva nos PCN, quando o foco passa a ser a finalidade do que se ensina e não necessariamente o que se ensina. À vista disso, tornou-se indispensável o redirecionamento das estratégias de ensino no sentido de que incorporassem orgânica e criticamente estes resultados da área de pesquisa.

Lima e colaboradores (2010) entendem a contextualização como uma ferramenta promotora do protagonismo estudantil. Esses aspectos foram bastante notados nas tarefas desempenhadas. Percebeu-se que o conteúdo vinculado à realidade próxima dos estudantes gerou uma predisposição ao envolvimento com as mesmas em sala de aula. Consequentemente,

ao abordar um tópico, tornou-se produtivo analisar com a classe suas múltiplas facetas trazendo um olhar mais amplo e permitindo ao aluno verificar sua inclusão no dia-a-dia.

Segundo Kato e Kawasaki (2011), a contextualização extrapola o âmbito escolar e integra espaços, domínios ou extensões presentes na vida particular, social e cultural, estimulando a estrutura cognitiva para o desenvolvimento de habilidades importantes fora dos portões da escola. Assim, o trabalho e a cidadania estão prognosticados como as fundamentais conjunturas desta categoria. Observando as indicações destes autores, constatou-se a essencialidade de um ensino que considere tais imposições e ainda se articule com outras metodologias, como o EI e a argumentação, corroborando para a formação irrestrita do educando. Isso posto, derivaram-se aulas com estratégias pedagógicas focadas na significação de conceitos aprendidos na escola para a resolução de problemas do cotidiano, fato que agenciou uma integração de todos os envolvidos no processo de ensino. O nexo na vivência do aluno com o conhecimento trabalhado e a sua cooperação verdadeira na construção do saber, foi imprescindível para que a escola desempenhasse sua atribuição pública social.

Outra ressalva a qual não merece desprezo é que nem todos os alunos aprendem da mesma forma. Assim uma aula dialógica e a diversificação das estratégias didáticas favorecem a eficácia dos resultados. Evidenciou-se que a contextualização frequente nas aulas investigativas beneficiou o desenvolvimento da argumentação. E este desenvolvimento tem afinidade com habilidades para leitura, interpretação e até mesmo com demandas afetivas. A pessoa é inteira (cognição, comportamento, afetividade) e seus potenciais devem ser trabalhados nessa perspectiva. O alvo sempre decorrerá da formação geral do sujeito e não de algo ramificado.

Destarte, a verificação da relevância das ações otimizadas foi imprescindível para o desenvolvimento pleno das pessoas incluídas, oportunizando o aprimoramento de disposições relacionadas à expressão oral, escrita e a seleção de informações. A pesquisa articulou conceitos e práticas, conhecimento escolar e cotidiano, e potencializou o acréscimo da criatividade e do juízo coerente contribuindo para a aprendizagem coletiva. Assim, sobreveio uma ação pedagógica reflexiva que considerou o efetivo da escola, e antagonizou com a “educação bancária”, tão criticada por Freire (1978). A professora nesta proposta passou a desafiar os alunos a serem autores funcionais, levando-os a repensar suas atitudes em relação à elaboração do conhecimento, visto que as transformações necessárias dependem da anuência e comprometimento dos mesmos. Eles devem assimilar que são os principais responsáveis pelo seu aprendizado. Desta forma, a compreensão de seu papel no cenário escolar foi primordial.

Apesar dos estudantes serem de uma geração digital, excepcionalmente conseguem utilizar recursos virtuais com eficiência. Então, fez-se necessário situar critérios para a triagem de informações confiáveis e mesmo a epítome das mesmas. Notou-se que o uso dessas tecnologias para desígnios didáticos ainda é novidade. Essas habilidades citadas foram trabalhadas pela professora/pesquisadora e apresentaram alguma melhoria, apesar de ainda estarem aquém do esperado. Outro detalhe importante são as interferências das redes sociais, pois acabaram comprometendo a união do grupo no sentido de estarem juntos em um mesmo recinto, em busca de objetivos comuns. Constatou-se a participação superficial de alguns alunos. No entanto, a utilização dessas ferramentas com o acompanhamento da professora tornou o processo mais dinâmico e faz jus ao investimento pedagógico para que os saldos de aprendizagem atinjam os níveis de excelência ansiados.

O grande desafio dessa pesquisa, no entanto, foi estimular a verbalização dos conceitos ora investigados fazendo uma transposição do senso comum para o conhecimento científico. Observou-se certa objeção em traduzir o saber formal em palavras por parte de alguns alunos (durante as monitorias). O método de problematizar encontra-se em fase inicial, fato que justifica a colocação anterior, e aponta para uma maratona didática a fim de vencer este obstáculo. Em contrapartida, nota-se o entusiasmo dos estudantes em relação aos ajustes procedimentais que deram suporte à sua autonomia, e os efeitos da metodologia pedagógica aplicada, são percebidos efetivamente.

A argumentação traz grandes benefícios para os discentes no que diz respeito ao seu entendimento das relações éticas e culturais existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Habilita-os também a aplicarem os conhecimentos científicos em diferentes contextos através da investigação e a resolução de situações problemáticas coloquiais. Simultaneamente ao exposto, é majorada a facilidade de expressão escrita e oral, bem como um vasto repertório crítico. A implantação do ensino por investigação com predominância na resolução de problemas contextualizados subsidia o desenvolvimento dessas habilidades pelos estudantes por meio do debate, das trocas entre os pares e das interpretações.

Em relação à argumentação nos seminários, notou-se uma demonstração de firmeza nos estudantes. O tom de voz, a postura, o vocabulário utilizado e o desprendimento apontam para um progresso considerável. A necessidade que percebemos inicialmente neles de fazer analogias do conteúdo abstrato com algo concreto também foi atenuada no decorrer da jornada investigativa. Todavia, a contra argumentação tão presente nas monitorias ocorreu de forma bem mais escassa. Esse é seguramente um dos aspectos que precisa de investimentos didáticos futuros. O pensamento de que seriam avaliados apenas nos seminários pode ser uma

justificativa para o fato, bem como o medo de colocar o colega em situação desfavorável. Indica-se a impotância da elaboração de mecanismos de avaliação que estimulem a expressão de todos afastando qualquer receio. Sabe-se do longo caminho a ser percorrido até estarem “prontos”, e questões relacionadas à personalidade de cada um também afetam seu desempenho. Alguns certamente precisam de um período ascendente para conseguirem colocar suas ideologias com maior propriedade.

O maior obstáculo apontado por todos preliminarmente que era “falar em público”, já não parecia tão temível para a maioria. Cada vez que algum aluno, que antes ficava à frente da turma, trêmulo, com um pedaço de papel nas mãos para apenas ler durante a apresentação dos trabalhos escolares, conseguia explanar seus pontos de vista de forma simples e objetiva, porém espontânea, observava-se que os aprendizados trouxeram boas ressonâncias em sua formação escolar básica.

Os rigores científico e pedagógico estavam alinhados ao padrão argumentativo que apesar de suas restrições contextuais permitiram uma inspeção voltada para questões práticas e específicas do meio acadêmico. A conservação de um pensamento de argumentação proativa e desprovida de normas, mas nem por isso inepta mediou nossos empreendimentos didáticos. A análise de conteúdo que consente deduções lógicas e contextuais, bem como as adaptações implementadas ao TAP a fim de abranger um exame precípua e epistêmico atenderam às necessidades da pesquisa e trouxeram legitimidade aos resultados.

A análise dos dados coletados delata uma conduta metodológica promissora, pois o envolvimento da turma foi quase unânime. A autonomia conquistada pelos alunos surtiu uma decorrência profícua, sendo possível deduzir que as AD foram enriquecedoras para os mesmos. Elas envolveram estratégias de trabalho em grupo, ponderação de diferentes argumentos entre os participantes e possibilitaram um olhar crítico sobre os resultados. Os discentes demonstraram com atitudes engajadas o sentimento de pertencimento e competência na execução das tarefas propostas.

O entusiasmo evidenciou-se nos preparativos para os seminários, na relação entre os grupos, na cooperação entre os integrantes das equipes, nos momentos de estudo e monitorias. Conforme notificado por Clement e Terrazzan (2011), o EI é proficiente em variados pontos e atende a solicitações factuais. Nesta pesquisa, certificou-se sua notoriedade na promoção da habilidade de argumentação, proporcionando a tomada de decisões, questionamento e também a discussão de situações sociais as quais envolviam os temas abordados.

Percebeu-se que um procedimento ativo apresenta vantagens em relação aos métodos tradicionais. Os alunos se sentirem parte complementar do processo e não apenas um destinatário de informações; muda a dinâmica da aula, o relacionamento com o professor e mesmo os resultados de aprendizagem. Todavia, notou-se que tanto a professora quanto os alunos encontram-se em fase de adaptação com a metodologia aplicada. Ambas as partes se esforçaram e vislumbraram crescimento pessoal e cognitivo, mas ainda há uma hesitação própria da transição estrutural no modelo de aula praticado. Então, a continuação e refinamento do desenvolvimento da argumentação no EI são indicados após a finalização deste estudo.

Para alguns estudantes esse modelo de aula não é aceitável. Eles sentem muita necessidade de quadro, giz e o professor falando cinquenta minutos. A estes foi concedida a oportunidade de realizar uma prova convencional com a mesma temática trabalhada nos seminários. Eles tiveram acesso às monitorias e oportunidade de sanar suas dúvidas assim como os demais. Nós primamos durante todo o tempo por respeitar as individualidades de cada um e no momento da avaliação não poderia ser diferente. No entanto, uma avaliação formal não é nem a mais adequada e nem a mais justa para os participantes do estudo, já que visou um objetivo bem maior que a mera memorização de fórmulas e modelos. Assim, nosso olhar estava fixo nos progressos pessoais e na aprendizagem que se apresentou de forma significativa durante o ensino por investigação. O conhecimento das características de cada um que a professora/ pesquisadora foi adquirindo ao longo dos três anos de trabalho com a turma foram determinantes nesta etapa.

O desenvolvimento da argumentação é um processo a ser trabalhado a longo prazo e não apenas pelo professor de uma disciplina. Salientamos que a implantação do EI no Ensino Fundamental pode contribuir para a superação de muitas dificuldades enfrentadas durante esse percurso. A adaptação dos alunos seria facilitada por uma ação pedagógica prévia e o estranhamento com a perspectiva investigativa minimizado. Confiamos que os resultados seriam promissores tanto para a escola como para a sociedade em geral.

Compreendemos que pesquisas no âmbito da pesquisa-ação são eficazes para provocar uma discussão/reflexão sobre a prática docente a fim de compreendê-la e agenciar o progresso do ensino de física. Desta maneira, o objetivo de refletir sobre a docência e a importância de uma proposta didática mais dialógica teve êxito. Observou-se que não obstante os intentos impetrados ainda existem vários aspectos da argumentação a ser trabalhada em atividades investigativas. Na atualidade, os avanços tecnológicos, a globalização, as informações em tempo real, o grande número de ferramentas didáticas, exigem do professor

constante reflexão e renovação. Ensinar é uma aventura e não nos dá a opção de permanecermos estáticos. Aceitar os tropeços, e ajustar o roteiro faz parte de uma caminhada bem sucedida.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A Formação do espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2011.
- BELLUCO, ALEX. **Argumentação Matemática em aulas investigativas de Física.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio:** ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** Brasília, DF, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** ensino médio. Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996:** estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF, 2002.
- BRETON, P. **A argumentação na comunicação.** Tradução de Viviane Ribeiro. Bauru: EDUSC, 1999.
- BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, E.;
- BZUNECK, J. A. (Orgs.). **A motivação do aluno:** contribuições da psicologia contemporânea. Petrópolis: Vozes, 2009. p. 9-36.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação numa Aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004. p. 59-76.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P., et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage, 2011. Cap. 3, p. 53-78.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap 1, p. 1-20.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. São Paulo: UNESP, 1994.

CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicología: reflexão e crítica**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 350-357, set./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019. <https://doi.org/10.1590/S0102-7972200500030009>

CLEMENT, L. **Autoderterminação e Ensino por Investigação**: construindo elementos para promoção da autonomia em Aulas de Física. 334f. 2013. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/122808>. Acesso em: 20 jul. 2019.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, v. 6, n. 1, p. 87-101, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7463>. Acesso em: 20 jul. 2019.

CORREIA, D.; DECIAN, E.; SAUERWEIN, I. P. S. Leitura e argumentação: potencialidades do uso de textos de divulgação científica em aulas de Física do ensino médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1017-1034, out./dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n4/1516-7313-ciedu-23-04-1017.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040010>

COSTA, A. C. G. O adolescente como protagonista. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Saúde. Área de Saúde do Adolescente. **Cadernos, juventude saúde e desenvolvimento**. v. 1. Brasília, DF, 1999.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objetivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 46, n. 5 (n. esp), p. 1-8, 2008. Disponível em: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/2233Costa.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CURITIBA. Secretaria da Justiça, Trabalho e Direitos Humanos. Departamento de Direitos Humanos e Cidadania - DEDIHC. **O que é ser Cidadão**. Paraná. Disponível em: <http://www.dedihc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=8>. Acesso em: 05 jun. 2019.

DELORS, J (org.). **Educação um tesouro a descobrir**: relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2012. Disponível em: http://dhnet.org.br/dados/relatorios/a_pdf/r_unesco_educ_tesouro_descobrir.pdf. Acesso em: 09 jun. 2019.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2019.

Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v20n3/a08v20n3.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2019.

Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-25551997000100011. Acesso em: 02 ago. 2019.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, p. 287-312, abr. 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-237X%28200005%2984%3A3%3C287%3A%3AAID-SCE1%3E3.0.CO%3B2-A>. Acesso em: 10 jun. 2019. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. Reconsidering the character and role of inquiry in school ELLIOT, J. Recolocando a pesquisa-ação em seu lugar original e próprio. In: GERALDI, C.; FORENTINI, D.; PEREIRA, E. (Orgs.). **Cartografia do trabalho docente**: professor(a) – pesquisador(a). Campinas: Mercado das Letras, 1998.

ERDURAN, S. Methodological foundations in the study of argumentation in science classroom. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.), **Argumentation in science education**: perspectives from classroom-based research : Springer, 2008. p. 47-69. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/87288/mod_resource/content/1/Erduran%20\(2007\)%20-%20Argumentation%20in%20science%20education.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/87288/mod_resource/content/1/Erduran%20(2007)%20-%20Argumentation%20in%20science%20education.pdf). Acesso em: 03 abr. 2018.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, nov. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227620753_TAPping_into_Argumentation_Developments_in_the_application_of_Toulmin's_Argument_Pattern_for_studying_science_discourse. Acesso em: 07 jul. 2018. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>

FELDMAN, A. **Existential Approaches to Action Research**, 2002. Educational Action Research, v. 10, n. 2, p. 233- 251, jun. 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228864812 Existential_Approaches_to_Action_Research. Acesso em: 22 jun. 2018. <https://doi.org/10.1080/09650790200200183>

FERRAZ, A. T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física**. 2015. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25112015-151619/pt-br.php>. Acesso

em: 12 ago. 2019.
<https://doi.org/10.11606/D.81.2015.tde-25112015-151619>

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 42 - 67, 2017. Disponível em: scielo.br/pdf/epec/v19/1983-2117-epec-19-e2658.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42>

FREIRE, P. **Cartas à Guiné-Bissau**: registros de uma experiência em processo. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social**, São Paulo: Atlas, 1994.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. (2008). Argumentation in science education: an overview. In: ERDURAN S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.), **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2008. Cap. 1, p. 03-27. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6670-2_1. Acesso em: 06 jun. 2018. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_1

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 17, p. 35- 50, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n1/03.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry**: recommendations for research and implementation. Rotterdam: Sense Publishers, 2008, p. 99-117. https://doi.org/10.1163/9789460911453_009

KELLY, G. J.; REGEV, J.; PROTHERO, W. Analysing of lines of reasoning in written argumentation. In: ERDURAN, S. M.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.) **Argumentation in Science Education: perspectives of classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 137-158. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_7

KRUMMHEUER, G. The ethnography of argumentation. In: COBB, P.; BAUERSFELD, H. (Eds.). **Studies in mathematical thinking and learning series**: the emergence of mathematical meaning - interaction in classroom cultures. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1995. p. 229-269.

KUHN, D. Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, 77, p. 319-337, jun. 1993. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229456370_Science_as_argument_Implications_for_teaching_and_learning_scientific_thinking. Acesso em: 10 out. 2018. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770306>

KUHN, D. **The skills of arguments**. New York: Cambridge University, 1991.

KUHN, D.; UDELL, W. The development of argument skills. **Child Development**, v. 74, n. 5, p. 1245-1260, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/9055938_The_Development_of_Argument_Skills. Acesso em: 11 nov. 2019. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00605>

LEITÃO, S. La dimensión epistémica de la argumentación. In: KRONMÜLLER, E.; CORNEJO, C. (Ed.). **La pregunta por la mente**: aproximaciones desde Latinoamérica. Santiago de Chile: JCSáez, 2008. p. 89-119.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (Orgs.). **Argumentação na escola**: O conhecimento em construção. São Paulo: Pontes Editores, 2011. Cap. 1, p. 13-46.

LEITÃO, S. Processos de construção do conhecimento: A argumentação em foco. **Pro-Posições**, Campinas, v. 18, n. 54, p. 75-92, set./dez. 2007. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643529>. Acesso em: 12 ago. 2019.

LIBÂNEO, J. B. **Introdução à vida intelectual**. São Paulo: Loyola, 1994.

LIMA, E. P. *et al.* A importância da contextualização no ensino de ciências: análise de concepções de professores. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, X., 2010. Recife. **Anais...** Recife: UFRP, 2010. p. 1-3.

MAEHR, M. L.; MEYER, H. A. Understanding Motivation and Schooling: where we've been, where we are, and where we need to go. **Educational Psychology Review**, v. 9, n. 4, p. 371-409, 1997. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2027.42/44456>. Acesso em: 03 abr. 19. [https://doi.org/1040-726X/97/1200-0371\\$12.50/0](https://doi.org/1040-726X/97/1200-0371$12.50/0)

MATURANA, H. **Emoções e linguagem na educação e na política**. Tradução de: José Fernando Campos Fortes. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

MEYER, M. **A retórica**. São Paulo: Ática, 2007.

MONTEIRO, S. B. Epistemologia da prática: o professor reflexivo e a pesquisa colaborativa. In: GHEDIN, E.; PIMENTA, S. **O professor reflexivo no Brasil**: gênese e crítica de um conceito. São Paulo: Cortez, 2002. p. 111-128.

MORAES, M. C. Ambientes de aprendizagem como expressão de convivência e transformação. In: MORAES, M. C; NAVAS, J. M. B. (Org.). **Complexidade e transdisciplinaridade em educação**: teoria e prática docente. Rio de Janeiro: Wak, 2010.

MORAES, M. C.; NAVAS, J. M. B. (Org.). **Complexidade e transdisciplinaridade em educação**: teoria e prática docente. Rio de Janeiro: Wak, 2010.

MOREIRA, M. A. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília, DF, v. 7, n. 40, p. 43-54, out./dez.1989. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2043> Acesso em: 02 maio. 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the National Science Education Standards:** a guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press, 2008.

NAVAS, J. M. B. Didáctica deconstrutiva y complejidad: algunos principios. In: MORAES, M. C; NAVAS, J. M. B. (Org.). **Complexidade e transdisciplinaridade em educação:** teoria e prática docente. Rio de Janeiro: Wak, 2010.

NEVES, E. R. C.; BORUCHOVITCH, E. Escala de avaliação para aprender de alunos do Ensino Fundamental (EMA). **Psicologia:** reflexão e crítica, v. 20, n. 3, p. 406-413, set./dez, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722007000300008>

NORONHA, C.A.; MENDES, I. A. **Ensino de Ciências e Matemática:** múltiplos enfoques na formação de professores. Campinas: Mercado de Letras, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S.; BATISTA, A. A.; QUEIROZ, S. L. Escrita científica de alunos de graduação em química: análise de relatórios de laboratório. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 9, p. 1980-1986, 2010. Doi 10.1007/s10972-014-9384-1. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v33n9/29.pdf> Acesso em: 20 dez. 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000900029>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - UNESCO. **Educação de qualidade para todos:** um assunto de direitos humanos. Brasília: UNESCO; OREALC, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

PACCA, J. L. A. **A Atualização do professor de Física do segundo grau: uma proposta.** Tese de Livre Docência. São Paulo: FEUSP, 1994.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. A formação continuada do professor de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 57-71, set./dez. 2018. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152656/149125>. Acesso em: 02 abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0005>

PALMER, D. A Motivational view of constructivist-informed teaching. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 15, p. 1853–1881, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228372817_A_Motivational_View_of_Constructivist-informed_Teaching. Acesso em: 04 ago. 2018. <https://doi.org/10.1080/09500690500339654>

PERELMAN, C.; OLBRICHTS-TYTECA, L. **Tratado da Argumentação:** a nova retórica. 2. ed. Trad. de Maria Ermantina Galvão G. Pereira. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

PINTRICH, P. R.; SCHUNK, D. H. **Motivation in education:** theory, research, and applications. Upper Saddle River, NJ: Merrill, 2002.

PLANTIN, C. **L'argumentation:** histoire, theories et perspectives. Paris: Presses Universitaires de France. 2005. (Collection Qus Sais – je?). Disponível em: <http://journals.openedition.org/lidil/116>. Acesso em: 05 jun. 2019.

REEVE, J.; JANG, H. What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. **Journal of educational Psychology**, v. 98, n. 1, p. 209-218, fev. 2006. Disponível

em: https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2006_ReeveJang_JEP.pdf. Acesso em: 09 jan. 2020. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.209>

REZENDE, W. S. Três grandes marcos do resgate retórico: Perelman, Toulmin e Meyer. **CSOnline**: Revista Eletrônica de Ciências Sociais, Juiz de Fora, ano 4, n. 10, maio/ago. 2010 Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/csonline/article/view/17154>. Acesso em: 12 ago. 2019.

RYAN, R. M.; POWELSON, C. L. Autonomy and relatedness as fundamental to motivation and education. **Journal of Experimental Education**, v. 60, n. 1, p. 49-66, abr. 1991. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019. <https://doi.org/10.1080/00220973.1991.10806579>

RYAN, R. M.; STILLER, J.; LYNCH, J. H. Representations of relationships to teachers, parents, and friends as predictors of academic motivation and self-esteem. **Journal of Early Adolescence**, v. 14, p. 226-249, 1994. Doi 10.1177/027243169401400207. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/027243169401400207>. Acesso em: 11 jan. 2020. <https://doi.org/10.1177/027243169401400207>

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de ciências: contexto brasileiro. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte**, v. 1, 13, n. 2, p. 13-30, maio/ago. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v13n2/1983-2117-epec-13-02-00013.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130202>

SAMPIERI, R H.; COLLADO, C.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 4, p. 28-34, nov. 1996. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentative, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n1/07.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O Ensino por investigação e a argumentação em aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n. 1, p. 7-27, jan./jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/view/230486>. Acesso em: 05 maio 2018.

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

SCHWARZ, B. B.; GROOT, R. Argumentation in a changing world. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 2, n.c2-3, p. 297-313, set. 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11412-007-9020-6>. Acesso em: 10 ago. 2019.

<https://doi.org/10.1007/s11412-007-9020-6>

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. Reconsidering the character and role of inquiry in school science: framing the debates. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (Ed.). **Teaching Scientific Inquiry:** recommendations for research and implementation. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 1-37. Disponível em: encurtador.com.br/gYZ14. Acesso em: 10 maio 2019. https://doi.org/10.1163/9789460911453_002

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação.** São Paulo: Cortez, 1985.

TORRES, C. M. et al. **Física:** Ciência e Tecnologia, 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

TOULMIN, S. E. **Human understanding.** v. 1. Trad. Cast. La comprehension humana Madrid: Alianza Editorial, 1972. (The collective use and evolution of concepts).

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

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702200500030009>

USTRA, S. R. V.; PACCA, J. L. A.; TERRAZZAN, E. A. **Diários da prática pedagógica:** pressupostos e contribuições para uma formação continuada emancipatória. In: GÜLLICH, R. I. C.; HERMEL, E. E. S. (Org.). Educação em Ciências e Matemática: pesquisa e formação de professores. Chapecó: UFFS, 2016. p. 35-57.

USTRA, S. R. V; TERRAZZAN, E. A. **Diários da prática pedagógica na educação continuada de professores de ciências.** In: SEMINÁRIO PESQUISA EM EDUCAÇÃO REGIÃO SUL, III., 2000. **Anais...** Porto Alegre: ANPED Sul, 2000.

VALLE, M. G. **Movimentos e práticas epistêmicos e suas relações com a construção de argumentos nas aulas de Ciências.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2014

VAN EEMEREN, F. H. et al. **Fundamentals of argumentation theory:** a handbook of historical backgrounds and contemporary developments. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências. **Rev. Fac. Educ.** São Paulo v. 23, n. 1-2, jan./dez. 1997. <https://doi.org/10.1590/S0102-25551997000100011>

VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. O aperfeiçoamento da competência profissional do professor de ciências. In: ENCONTRO PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 5., 1996. **Anais...** Águas de Lindóia: 1996.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martin Fontes, 1989.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229482144_Fostering_Students'_Knowledge_and_Argumentation_Skills_Through_Dilemmas_in_Human_Genetics_Journal_of_Research_in_Science_Teaching_391_35-62. Acesso em: 07 dez. 2019. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, set./dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>

APÊNDICE: Transcrição da gravação do áudio dos seminários

SEMINÁRIO DO GRUPO 1: INTRODUÇÃO A FÍSICA NUCLEAR E O NÚCLEO ATÔMICO

O seminário 1 inicia com a professora saudando a turma e chamando todos para que estivessem atentos.

Aluno 1: Bom dia! Na Física nuclear é estudado basicamente o núcleo atômico e sua constituição. Eles atuam numa forma bem baixa em uma escala bem baixa de poucos nanômetros. E também envolve formações de novas teorias e novas formas de explicar o funcionamento dos átomos e suas constituições. Bom, alguns fenômenos observados são a fissão nuclear, a fusão nuclear e o decaimento radioativo. Suas áreas de aplicações são várias: na medicina, no desenvolvimento de novas tecnologias e também de fontes energéticas.

Aluna 2: Gente eu vou explicar o seguinte... O modelo atômico foi desenvolvido e estudado lá 450 anos antes de Cristo, na Grécia por Demócrito. Mas ele só começou seu caráter científico a partir da teoria atômica de Dalton. E o quê que Dalton falava? Ele propôs um modelo atômico através das misturas de gases que foi primeiramente estudada por Lavoisier.

E em 1808 ele determinou que o átomo, “como não dava pra ver claramente o que era o átomo”, ele determinou como a menor parte da matéria. E aí a gente fez o doce de leite ninho pra representar... Ele falava que o átomo era indivisível, maciço e indestrutível. E também ele ficou conhecido pelo caráter científico. E ele defendia que um elemento químico era um elemento da mesma propriedade, ou seja, tinha o mesmo tamanho e a mesma massa.

Aluno 5: Bom, eu vou falar sobre o modelo atômico de Thompson. Ele veio para discordar de Dalton, porque Dalton falava que o átomo era uma esfera maciça e indivisível. Já Thompson não, ele já descobriu que havia algo dentro do átomo. E ele chamava isso de raios catódicos. E a gente vai descobrir como que ele sabia disso...

[O aluno mostra gravuras no slide na medida em que vai explicando] Aqui está a ampola de Crookes que é o objeto que ele usou pra estudar. Aqui e aqui ficam dois eletrodos que são plaquinhas de metal que estão ligadas numa bateria de alta tensão... Muita eletricidade. Ela era feita de vidro e aqui dentro tinha um gás sobre baixa pressão porque aqui embaixo tem um negócio que regula o gás. E quando ligava ele via que tinha feixes de luz que vinham pra cá. E esses feixes de luz ele descobriu que são negativos porque saiam do cátodo e iam para o ânodo.

Esse lado aqui é o cátodo e esse é o ânodo. Então saia do negativo e ia para o positivo. Aí descobrindo isso ele decidiu chamar esses raios de luz de raios catódicos porque saiu do cátodo. E hoje em dia são chamados de elétrons. E o modelo dele ele fez com o pudim de passas que era muito famoso na época. [A aluna 2 interfere na sua fala]

Aluna 2: Mas como o pudim de passas é muito ruimnós fizemos com o bolo de cenoura e com o mousse...

Aluno 5: Aqui é a parte positiva e as passas são os elétrons.

Aluna 3: Rutherford ficou conhecido como o pai da Física. Porque ele desenvolveu seu próprio modelo. Ele descobriu a meia vida radioativa. E ele distinguiu e nomeou as partículas alfa e beta.

É um pouco difícil de explicar, então eu literalmente eu vou desenhar[no quadro], mas o experimento dele foi mais ou menos assim: ele pegou uma faixa de aço e colocou aqui polônio e deixou tipo um espacinho. E ele queria estudar a partícula alfa e aí ele pegou uma folha de ouro, kkk. Isso aqui ficou bem mediocre... E aí ele observou que as partículas vinham e batiam nesse negócio.

Se ele tivesse parado por aqui, ele teria achado o mesmo que o Thompson que é o desse pudim de passas. Mas ele estudou mais um pouquinho ele fez um experimento lá com o pudim de passas... Eu vou fazer um cookie porque a gente não é da Inglaterra e nem come pudim de passas e aí ele estudou tipo assim... Ele queria que chegasse aqui e aí ele pensou, por exemplo, que as partículas iam passar todas. Ele achou que elas teriam uma distorção quando elas passassem por aqui, mas ele achava que elas iam passar. Só que não foi o que ele descobriu. Ele descobriu que uma a cada vinte mil ricocheteava e voltava, e então ele pensou porque que essa “porra” ricocheteia? Porque que esse negócio ricocheteia? Aí ele foi montar uma teoria que havia alguma coisa aqui. E quando elas passavam, elas voltavam porque era uma em vinte mil e ele fez todos os estudos de novo.

E ele também pensou... Como ninguém achava, eles achavam que tinha um líquido [a aluna volta nos slides do colega faz uma retomada no modelo de Thompson]. Eles achavam, por exemplo, que aqui era tipo um líquido que era positivo e que os elétrons estavam imersos. Pode passar... Mas aí, foi ele quem descobriu que na verdade aqui era vazio, que é por isso que a maioria passava e uma apenas uma quantidade bem pequena era refletida. (...)

Aluna 4: *Bom dia gente! Esse é o modelo atômico de Bohr. Ele estudou junto com Rutherford, ou seja, ele quis dar continuação aos estudos de Rutherford. Tanto é que o modelo atômico de Bohr também é conhecido como modelo atômico Rutherford/Bohr. Ele é constituído pelos orbitais que tem os elétrons aqui como dá pra ver, e o pequeno núcleo aqui no centro [a aluna mostra nos slides o modelo atômico de Bohr].*

Muita coisa que o modelo atômico de Rutherford não conseguia explicar... O Bohr pensava assim: "Não gente eu tenho que dar um jeito de explicar isso e acabar com as dúvidas que ainda existem." Por exemplo, o porquê dos elétrons não perderem energia e virem a cair dentro do núcleo. Isso acontecia por quê? Porque cada orbital dentro daqui ele tem uma energia estável ele consegue ter um nível de energia mínima, ou seja, se o elétron perder energia esse orbital vai conseguir manter o elétron estável para ele não cair dentro do núcleo. Igual, por exemplo, ele dividiu sete níveis K, L, M, N, O, P, Q. E cada nível, por exemplo, Kn1, Ln2, e assim sucessivamente...

Se o elétron ganhasse energia elétrica ou térmica ele saltava um nível. Só que essa energia era diferente para o elétron. Ele acabava voltando para seu estado normal, por exemplo, se ele pulava pra cá [a aluna mostra o desenho no quadro] como era uma energia estranha ele pegava e voltava. Mas como o orbital tinha um nível mínimo de energia fazia com que o elétron não caísse dentro do núcleo.

Só que como todo modelo atômico não é perfeito, o de Bohr também não era. Por exemplo, ele se limitava ao elemento de hidrogênio se viesse com outros elementos que tinham mais elétrons ele não conseguia explicar através da sua teoria. E o Bohr, ele na sua teoria, ele fez quatro pontos principais. Que é a quantização da energia atômica: [a aluna lê os dois tópicos abaixo]

- *Cada elétron apresenta uma quantidade específica de energia*
- *Os elétrons têm cada um, uma órbita, as quais são chamadas de estado estacionário.*

Que é o que eu falei porque o nível mínimo de energia aqui deixa o elétron em seu estado estacionário, e não deixa ele cair dentro do núcleo. E quando consome energia o nível de

energia do elétron aumenta, mas por outro lado ela diminui quando o elétron produz energia. E os níveis de camada são os K, L, M, N, O, P e Q. É isso.

Aluna 6: [A aluna 6 inicia sua fala pedindo para voltar no slide anterior na explanação da colega sobre o modelo de Rutherford] Como minha colega explicou o Rutherford descobriu assim: Ele falava que o núcleo era constituído por uma camada de não... Era constituído por cargas positivas pontuais e em volta tinha cargas negativas que eram os elétrons e isso fazia com que ficasse equilibrado o átomo. Então garantia a sua... Ele ficava globalmente neutro.

E aí, a descoberta da radioatividade natural que foi feita por Becquerel através do composto de Urânio. Ele despertou uma grande curiosidade dos cientistas na época, porque eles queriam entender os efeitos dessas estranhas radiações. E aí nos estudos pioneiros de Rutherford ele descobriu que havia três radiações que é a alfa, a beta e a gama. [A aluna mostra na imagem o que está descrevendo para os colegas]. Aqui nessa imagem que vocês vão entender melhor depois nas outras apresentações. Mas eu trouxe pra ilustrar as radiações.

Vamos ver o que ele descobriu... Na verdade essa radiação alfa... Ela não é uma “radiação”. Elas são partículas. E essas partículas são núcleos de hélio que são formadas por dois prótons e dois nêutrons. E elas são emitidas por núcleos instáveis mais pesados. A radiação beta também não pode ser considerada uma radiação. Elas são partículas, beta negativo ou beta positiva que pode ser considerada um pósitron. E o quê que é um pósitron? É tipo um elétron positivo... Ele é um anti-elétrone aí quando esses elétrons se chocam, se aniquilam e dão origem ao fóton. Eles se transformam em fóton...

E aí a gente vai para a radiação gama. Ela é de fato uma radiação eletromagnética. E aí a gente encontra ela na luz, por exemplo, que é no caso o fóton e no raio x também. E aí pra gente poder analisar o núcleo a gente precisa de três números: o número de massa, o número atômico e o número de nêutrons. A gente tem que lembrar que o número atômico é o mesmo número de nêutrons(...)

Aluna 4: Só um minutinho, eu gostaria de retomar ao Bohr, [a aluna pede ao colega para colocar um slide e o utiliza como suporte em sua fala] Aqui é quando passa, a energia é alta no nível 1 de energia e não deixa o elétron cair dentro núcleo. É o estado fundamental do átomo, só que, por exemplo, se o elétron ganhou energia ele vai vir para outra camada N.

Só que como é uma energia estranha para ele então consequentemente ele vai voltar e retornar para seu estado estável na sua primeira camada em que estava. Alguém sabe o que acontece quando o ele retorna para seu nível original? Não? Então tá, quando ele volta para

o seu estado original ele solta radiação, e então era isso que eu queria falar porque eu deixei passar e eu queria deixar claro para vocês.

Aluna 7: *Alguém tem alguma dúvida? Porque isso é um debate... Ninguém tem dúvida, vocês entenderam tudo? Então nós podemos perguntar? Está valendo um docinho de leite ninho... Quais são os quatro orbitais que tem? Níveis de energia... [A colega acertou a resposta e ganhou um doce gigante].*

SEMINÁRIO DO GRUPO 2: RADIOATIVIDADE E LEI DO DECAIMENTO RADIOATIVO

Aluna 14: (...) *Oi gente, bom dia! Eu vou falar para vocês sobre a partícula beta. A partícula beta tem o número de massa 0 e o número atômico -1. Existem na natureza elementos estáveis e instáveis. Elementos estáveis são os normais, por exemplo, a madeira e elemento instável, por exemplo, o Urânio. E porque o Urânio é um elemento instável? Porque ele tem uma energia maior então ele tem que liberar essa energia para a natureza.*

Então é isso que acontece naquele tempo de meia vida, um elemento se transforma no outro. Então eu vou ler um exemplo aqui para vocês, para vocês entenderem a partícula beta. Aqui temos um elemento X com a massa e o número atômico. Emitindo partícula beta esse elemento vai se transformar em um elemento Y com o número de massa A e o número atômico Z +1.

Tá certo aí gente? Então vamos, porque mais um? Esse menos um aqui é porque se ele perdeu um elétron, quando eu perco um elétron, quer dizer que eu tenho um próton a mais, então por isso mais um. Então o elemento que era X, vai se transformar em Y, Z+1. Então vamos ver se está certinho aqui $A + 0 = A$, $Z + 1 - 1 = Z$.

Agora eu vou fazer um exemplo aqui no quadro com um elemento, eu vou explicar com o Urânio 234 e o número atômico dele é de 92, emitindo partícula beta esse Urânio vai continuar com a mesma massa 234 e o número atômico dele vai aumentar mais um, vai ser 93, então ele vai se transformar em outro elemento. Vamos lá na tabela para descobrir qual é esse elemento ... É o neptônio! Então o Urânio se transforma em neptônio. Observe que as massas dos dois elementos são iguais. A massa do Urânio e o neptônio são iguais então esses elementos são isóbaros.

E também nessa teoria vocês podem perceber que como a outra colega explicou “alfa” quando você está liberando energia é normal que seus números diminuam. Mas o quê que acontecia que o beta aumenta mais um? Se eu tenho uma energia e libero essa energia eu vou ficar com mais, como assim? Então veio o Fermi que ela já tinha falado, para explicar essa Teoria.

Eu vou explicar aqui a teoria de Fermi. A teoria de Fermi, na verdade é apenas uma teoria mesmo. Porque na Física tudo aquilo que é comprovado vira lei e o que não é comprovado é apenas teoria. Então a teoria de Fermi se aplica assim, o número de massa é igual ao número de nêutrons mais o número de prótons e como que eu vou explicar que o número atômico aumentou?

Então a teoria de Fermi era que um nêutron se transformava em um próton mais a partícula beta, mais um neutrino. Tá gente um antineutrino porque gente esse neutrino até 2014, sua massa e seu número atômico era zero. Mas depois de 2015 um cientista ganhou até o prêmio Nobel porque ele descobriu que o neutrino tinha uma massa e a massa dele é tão mínima e tão insignificante que a massa dele é menor que a do elétron, não é gente? Então o elétron é $9 \text{ ali} \times 10^{-31}$ então o neutrino a massa dele é praticamente nula e eles conseguiram descobrir isso através do acelerador de partículas hádron que é o mais avançado que existe e que foi feito.

Então para explicar porque o número de massa não muda, então se o número de nêutrons mais o número de prótons é a massa. Então vamos supor que o número de nêutrons é 10 e o número de prótons é 12 e isso é igual a 22. O quê que vai acontecer então? Se o próton ali que eu expliquei... Se nêutron se transforma em um próton e mais a partícula beta mais um neutrino... O quê que acontece se aqui eu tenho um nêutron na verdade, eu vou colocar assim porque é melhor... Se o nêutron de transforma em próton então o quê que vai acontecer? O nêutron vai passar um prá cá e vai ficar 13 e o outro que perdeu um fica 9 a soma continua a mesma., então a massa continua a mesma. (...)

Sobre o tempo de meia vida dos elementos radioativos é interessante o que acontece nos raios-X porque às vezes a pessoa olha o raio x e não consegue ver direito por causa disso. Cada elemento tem um tempo de meia vida diferente, como a gente viu. Quando os médicos vão olhar os raios-X, e não conseguem ver direito é porque cada vez que passa o tempo de meia vida ele vai perdendo sua capacidade de mostrar a imagem... (...)

Aluna 8: *Como foram descobertas as antipartículas e quais são os efeitos de sua aniquilação?*

Aluna 9: Inicialmente o termo partículas é usado para se referir as partículas mais comuns como prótons e nêutrons e antipartículas para as partículas mais raras. E hoje no nosso dia a dia e tal, tal, tal é usada baseando na lei de conservação.

Aluna 10: Gente as antipartículas foram descobertas em 1829 com as contribuições de Paulo Darwin para a mecânica quântica. Só que inicialmente se pensava que só existia uma partícula que tivesse a carga contrária do elétron. Aí depois, “esse carinha” aqui é o Carl Anderson, ele pegou e descobriu o pósitron que é praticamente a mesma coisa. Que falava que existia a carga oposta do elétron, possuía a mesma massa, mas a carga é oposta. Aí depois ele descobriu que não existiam essas antipartículas só para os elétrons, mas para qualquer outra partícula que formava o átomo tinha uma contrária.

Aluna 11: E quando ocorre o encontro de uma partícula positiva com uma partícula negativa que seria um pósitron e um elétron ocorre a aniquilação mútua das partículas, e então libera o raio gama, que é a radiação.

Aluna 12: E ele é tão forte porque como aniquila totalmente ele fica com uma carga de energia muito grande.

Aluna 8: E ela vai ficar assim e vai conseguir penetrar muita coisa. E é isso.

Aluna 14: Posso dar um exemplo? O alfa tem uma massa maior, não é? Então o quê que acontece? A massa é como se fosse a densidade de uma coisa. A minha mão com uma massa grande não atravessa essa parede. Se eu jogar uma bola na parede ela bate e volta porque a massa dela é grande. E agora se atirar uma bala com alta velocidade na parede ele vai penetrar até certo ponto na parede. Isso o beta, porque o beta, a massa dele é menor. Mas o gama não tem massa, por isso que ele passa, porque ele não tem a massa que o impede de atravessar.

Aluna 8: O raio gama é utilizado quando nem as partículas alfa nem as partículas beta conseguem estabilizar o núcleo atômico e aí ocorre a liberação do gama.

SEMINÁRIO DO GRUPO 3: FISSÃO NUCLEAR, FUSÃO NUCLEAR E REJEITO RADIOATIVO

Aluno 19: (...) Então galera, é mais ou menos assim... Na fissão que o negão explicouops, desculpa o colega, kkk. Funciona quando um átomo de Urânio 235 é bombardeado por um nêutron e nessa bombardaçāo vira um átomo de bário e outro de criptônio. Só que esses dois

átomos juntos eles não tem... Se você colocar na balança o Urânio vai ser mais pesado porque o criptônio e o bário eles também... Quando o Urânio foi explodido pelo nêutron ele perdeu massa e essa massa se converteu em energia... Muita energia mesmo, como o negão explicou é tipo muitos kgJ/mol.

Então na fusão nuclear vai acontecer o contrário, em vez de um átomo ser dividido ao meio a gente pega dois átomos e junta eles e isso gera mais energia ainda. Igual alguém já falou aqui... No Sol ocorre a fusão do átomo de hidrogênio. E o nosso Sol... Agora eu não vou falar muito, porque esse tema é de outro grupo. Mas o nosso Sol é 74% de hidrogênio e 26% de hélio porque dentro do Sol agora está ocorrendo fusão nuclear. Que é dois átomos de hidrogênio se transformando em um átomo de hélio. E claro que do mesmo jeito que na fissão acontece na fusão... Esses dois átomos de hidrogênio são mais pesados que o átomo de hélio resultante. Porque a fusão deles vai gerar muita, mais é muita energia mesmo.

Enquanto tipo um 1 kg de carvão gera sei lá energia para alimentar uma casa, 1 kg da fusão de hélio vai gerar tipo para alimentar o mundo inteiro. É muita energia e essa energia, o principal dela é que ela é limpa. Diferente da fissão nuclear que gera lixo radioativo que leva anos e anos para desaparecer.

Igual os exemplos dos reatores de Fukushima ou de Chernobyl que tipo tá lá até hoje inhabitável. O de fusão nuclear não geraria lixo radioativo nenhum. Então, seria a energia perfeita para a gente usar. Que é tipo muita, muita energia mesmo. E não geraria nenhum composto radioativo. Inclusive o hélio é até útil pra gente, para encher balão, sei lá... Então seria reutilizável o lixo do trem.

Só que tem um problema, que tipo é muito difícil mesmo de fazer isso. Para se ter noção, pra gente fazer dois átomos de hidrogênio se colidir, eles precisam estar muito rápido. Por causa de uma coisa que a professora já explicou pra gente que é a barreira de Coulomb. Que é tipo um hidrogênio tem um próton positivo e o outro hidrogênio também... Então eles se repelem certo? E como que a gente vai fazer eles se juntarem? Eles precisam estar muito rápido. E para eles estarem rápido a ponto de se juntar, eles precisam estar muito rápido, muito rápido mesmo. E como tipo que a gente gera velocidade? Com energia, com calor. Então tipo a gente vai gastar energia, vai gastar calor para gerar a fusão e ganhar mais energia ainda.

Então é mais ou menos desse jeito... Tá aqui um átomo de hidrogênio, e aqui o seu nêutron, e aqui está o outro átomo de hidrogênio, [o aluno desenha no quadro] parece um ovo,

mas é um hidrogênio, certo? E eles têm que colidirem, mas precisam estar a uma velocidade muito grande para isso, é mais ou menos 20.000.000m/s. E isso é 7% da velocidade da luz. Isso é muito rápido, e muito rápido mesmo... Daria para dar muitas voltas ao mundo sabe? Então é muito rápido e muito rápido mesmo a velocidade que eles devem estar. E aqui tem tipo, sei lá, isso aqui é um escudo e não um coração, a barreira de Coulomb. Tipo Coulomb previu que um átomo não encosta no outro. Porque tipo dois prótons positivos não podem se encostar. Isso é básico da energia, a não ser que ele consiga passar por essa barreira de Coulomb. Aí a gente entra em outra parte da Física que eu esqueci o nome [pausa]. Gente como se chama o fenômeno da física que faz os átomos ficarem coesos? Tem é alguma coisa forte ...

Professora: *A coesão dos átomos? No caso essas questões se relacionam a força nuclear forte e força nuclear fraca que na verdade se enquadra também na temática de outro grupo.*

Aluno 19: *É tipo tá aqui e eu estudei, mas eu estou com preguiça de olhar o nome. A força nuclear forte é que mantém os átomos coesos, ou seja, estruturados ok? E aqui a gente está vendo o hidrogênio e o seu nêutron estruturado. Aqui é a barreira de Coulomb que não deixa os átomos se colidirem. O que acontece se a gente passa dessa barreira da força nuclear forte? Eles fazem o contrário em vez de se repelirem eles se atraem e aí ocorre a fusão nuclear.*

Como eu falei a gente precisa de velocidade tipo de 7% da velocidade da luz, 20.000.000m/s. E para conseguir isso a gente precisa de calor, tipo muito calor mesmo e a gente tá falando de 17 bilhões de graus Celsius pra átomos de hidrogênio, ok? Então, tipo precisa estar muito quente. Essa temperatura é inalcançável. De qualquer jeito fisicamente falando... Porque qualquer elemento da tabela periódica ou qualquer material, que a gente... Ele derrete a partir dos 4000 graus Celsius. Então tipo, 4000 graus Celsius e 17 bilhões, tipo é muito diferente...

E acontece igual o colega estava explicando do reator de Tokamak. Ele é um trem que parece uma rosquinha exatamente como ele falou. E aqui oh, o material dele é eletromagnético [o aluno mostra o desenho no slide]. Então como é que a gente pode fazer um material ficar tão quente se ele não pode encostar em lugar nenhum porque ele vai derreter? Então ele vai ficar pressurizado magneticamente e não vai encostar em lugar nenhum. Então os átomos de hidrogênio estariam aqui flutuando nessa rosquinha. Deu para entender mais ou menos como funciona?

Aluna 1: *O quê que é aquele ovo apaixonado ali no quadro?*

Aluna 23: *é uma barreira...*

Aluno 19: Não é um coração, é um escudo. E não é um ovo, é um átomo de hidrogênio, kkkk. É que eu não sei desenhar...

Professora: Alguém tira a foto desse escudo, por favor, kkkk. Em termos práticos então, isso não acontece? Que conclusão que vocês chegaram?

Aluno 19: Na verdade tipo ainda não rola. Porque os reatores de Tokamak mais avançados que a gente tem, eles conseguem aquecer o hidrogênio a 100.000.000 de graus, isso é muito quente, tipo é 1200 vezes mais quente que o próprio Sol.

E surge uma pergunta legal... Tipo porque que o Sol faz fusão nuclear se ele não é tão quente assim para manter os átomos? E aí vem tipo os isótopos, tipo o deutério e o tritio que são tipo... Tem o mesmo número atômico, mas a massa atômica é maior. Então o deutério é tipo o hidrogênio com 2 nêutrons e o tritio é o hidrogênio com 3 nêutrons. E aí eles são mais instáveis e mais propensos a reação nuclear. E outro fator também que faz o Sol fazer a fusão nuclear, ele conseguir mesmo não aquecendo a tanta temperatura fazer os dois hidrogênios se fundirem é a densidade. Tipo densidade é a palavra. O Sol tipo é tão denso e os átomos estão tão comprimidos lá... Que se torna mais fácil!

Então como a professora perguntou se é possível a gente fazer uma fusão nuclear, aqui não é possível fazer a fusão nuclear. Porque a gente não tem a mesma massa de Sol na Terra, e a gente não consegue um ambiente tão denso como o interior do Sol para ocorrer a fusão... E a gente não consegue gerar tanto calor assim...

Por isso que dizem que o maior desafio da física e da engenharia é conseguir produzir a fusão nuclear. Se a gente conseguir produzir fusão nuclear de forma eficiente a gente teria energia limpa e sustentável por muito tempo. 75% do peso da Terra é de hidrogênio, tipo a gente tem muito hidrogênio. Então, seria perfeito para resolver o problema de energia do mundo.

Aluna 1: Como que eles descobriram a fusão se ela nunca aconteceu aqui na Terra?

Aluno 19: Para ser sincero, eu também pesquisei isso e não consegui chegar a uma resposta. Essa matéria é bastante teórica e tem várias especulações, mas é algo do tipo assim... Sei não... Talvez eles tenham descoberto tipo isso “sou eu falando hipoteticamente”, que o Sol faz isso. Hoje em dia a gente sabe coisas que acontecem a milhões de anos luz da nossa galáxia e da nossa Terra então observando e analisando o Sol... Tipo essa resposta não tem nenhuma confirmação, mas a gente simplesmente olha e diz XXXX fusão. E a gente chega a essa

conclusão porque a gente acaba usando da fusão nuclear com a energia solar. Tipo é tão grande a energia que o Sol gera que chega energia do Sol até a gente, até Netuno e até Urânia...

SEMINÁRIO DO GRUPO 4:ACIDENTES NUCLEARES E O USO BÉLICO DA RADIOATIVIDADE

Aluna 22:Em 1938 foram realizados experimentos em uma instituição “nessa instituição” em Berlim. Experimentos com o Urânia, eles bombardearam os átomos de Urânia com nêutrons querendo átomos maiores que são transurânicos. Que é inexistente na natureza. E aí esses dois moços aí [a aluna mostra no slide], depois de um tempo no dia 22/12/1938, foram ver o que tinha acontecido. E encontraram o bártio e ficaram surpresos. Hahn explicou da seguinte maneira: se o bártio é menor que o Urânia e no Urânia foi encontrado o bártio, então é porque o núcleo explodiu.

E essa explosão do Urânia representou a descoberta feita por Hahn. Mas quem descobriu a fissão nuclear verdadeiramente foi Lise que trabalhou durante 30 anos com Hahn nessa instituição em Berlim. Em 1938 aconteceu um ataque nazista e Lise teve que fugir para a suíça. De lá ela enviou uma carta explicando o curioso resultado das análises de Hahn e nele falava o seguinte: “a fissão do Urânia induzida por nêutrons possibilitava uma reação em cadeia e libera uma grande quantidade de energia”. E com essa energia seria possível construir os reatores nucleares e as bombas nucleares.

Aluna 23:Pouco depois da descoberta de Hahn, Lise e Fritz eclodiu a segunda guerra mundial. E os estudos desvirtuaram para a criação de armas nucleares. E aí eles usaram uma reação nuclear em cadeia para construir uma bomba atômica. Que foi a primeira bomba atômica que eles explodiram perto do laboratório, em Los Alamos, em 1945.

Hahn continuou seus estudos na Alemanha durante a segunda guerra mundial... Até seus rivais capturarem ele e o levarem para a Inglaterra. Em 1944, ele recebeu o prêmio Nobel pela descoberta da fissão nuclear só que a Lise não teve nenhum agradecimento por isso.

Aluno 24:A fissão nuclear ela funciona da seguinte forma: o nêutron bombardeia o Urânia que gera dois átomos, e que gera dois ou três nêutrons de volta... Tá é assim que funciona![a aluna mostra as gravuras nos slides] Aqui está o nêutron e o núcleo do Urânia. E quando o nêutron atinge o núcleo do Urânia, ele libera dois átomos e uma grande quantidade de calor,

esses dois átomos liberam três nêutrons que bate em outros três núcleos e isso vai gerando uma reação em cadeia que vai gerando muita, muita, muita energia, uma quantidade imensa.

Aqui a gente pode ver a mesma coisa, porque liberou o bário e o criptônio, e liberou os outros três nêutrons que novamente vai fazer uma reação em cadeia. Vale ressaltar que o único Urânio que pode fazer isso é o Urânio 235. Seus outros isótopos não conseguem fazer isso. E outra coisa que a gente pode ver também é que quando o Urânio tem uma massa muito grande é chamada de massa crítica. Que é quando ela possibilita que a reação em cadeia continue por mais tempo. Quando ele tem uma massa muito pequena os nêutrons começam a não atingir o núcleo. Eles começam fugir não encostando e não fazendo a reação. E aí a gente chama de massa subcrítica.

A liberação de calor na fissão é tão grande que a gente pode comparar, por exemplo, com uma vez que o nêutron bate no Urânio é comparado a três milhões de kg de carvão sendo queimados ao mesmo tempo. É muito grande... Eu não lembro direito se o número é esse, mas eu acho que é 2×10^{10} kJ/mol. Acho que era isso, que equivale a trilhão de vezes a combustão do etanol... É tão destruidor o poder da fissão que a gente pode ver como exemplo as bombas de Hiroshima e Nagasaki que destruíram duas cidades inteiras. E ah, e também libera radioatividade.

Aluna 23: *Eu queria dizer que depois que Hahn recebeu o prêmio Nobel, ele declarou que era contra o uso de armas atômicas. Quando o Hahn ficou sabendo das bombas de Hiroshima e Nagasaki, ele ficou muito triste, muito triste mesmo por causa disso. E o Joseph, o ministro da defesa da Alemanha, ele rotulou o Hahn como “um belo imbecil que não consegue conter as suas lágrimas nem dormir quando pensa em Hiroshima”. Mas o cientista se manteve firme aos seus princípios. E lutou até a morte contra a corrida atômica desencadeada pela descoberta da fissão nuclear. Ele morreu em 1968 aos 89 anos em Gottingen, na Alemanha.*

Aluna 25: *Gente eu vou falar para vocês sobre os acidentes nucleares e suas causas. Eles podem acontecer por:*

** perda de resfriamento,*

** acidentes críticos que podem ser por escape de energia através de um reator nuclear,*

** deterioração técnica que é quando ele atinge um alto nível de temperatura e aí esse reator se aquece muito e acaba faltando água para resfriar e aí ele funde,*

* transporte que ocorre ao transportar algum material radioativo (por onde ele passa, ele vai contaminar e acaba atingindo as pessoas),

* falha do equipamento,

* erro humano

* perda de fonte (perda de fonte é quando algum lugar é abandonado que, por exemplo, usina nuclear e fica algum material ali e alguém pode achar, como aconteceu lá em Goiânia, pode achar e passar para frente e isso vai atingir as pessoas e até mesmo o ambiente).

Aqui eu vou mostrar alguns dos principais acidentes nucleares que aconteceram... Não são só esses, teve muitos, mas esses foram os mais famosos, os mais falados:

- O de Three Mile Island, 28/03/1979, que foi um vazamento de energia para a atmosfera. Eles consideram que foi uma falha do equipamento e um erro humano. É lá uma bomba de água que estava bombeando e aconteceu uma parada dessa bomba. E aí com a parada dela acionou a bomba de emergência, e no que acionou essa bomba de emergência, o reator começou a se aquecer muito. Atingiu uma alta temperatura, e aí faltou água só que com o aquecimento soltou muito vapor. E com esse vapor saiu radiação. E aí os funcionários esqueceram de fechar uma válvula para esse vapor não passar para o ambiente, não é, pra fora... E aí atingiu toda a cidade causando muito transtorno no ambiente e na cidade também.
- O mais famoso é o de Chernobyl em 26/04/1986 que foi uma explosão que aconteceu no reator número 4 durante um teste de segurança que eles estavam fazendo. Foi o mais famoso e catastrófico. Com dados atuais deixou mais de 25000 pessoas mortas e muitas pessoas tiveram que sair da cidade além dos que adquiriram doença.
- O mais recente foi no Japão em 12/03/2011 que foi devido a um terremoto que aconteceu e atingiu a usina de Fukushima e ela explodiu.

SEMINÁRIO DO GRUPO 5: UM POUCO DE EVOLUÇÃO ESTELAR E AS FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA

Aluna 34: Eu vou falar da força gravitacional. Entre as quatro forças ela é a mais fraca, e é estudada desde os tempos de Newton. Ela representa a interação entre as massas dos corpos.

Então aqui tem um exemplo... Não primeiro assim... Quando a gente pensa em Newton, a gente lembra desse carinha da maçã que caiu na cabeça dele e tal. E daí a gente pensa em algumas perguntas: Porque que uma maçã cai no chão? Porque que a gente não cai da Terra? Porque que a lua orbita a Terra e porque que a Terra orbita o Sol? Porque que lá no universo a lua não sai pela tangente e começa a vagar? Porque que ela fica meio que “presa”? Isso acontece por causa da gravidade, da interação. A lua atrai a Terra e a Terra atrai a lua. Porque que a maçã cai no chão? Porque a Terra atrai a maçã.

Esse é um fenômeno relevante em corpos de massa maior. Então a maçã atrai um pouquinho a Terra, só que a Terra tem massa muito grande então a maçã vai cair no chão. Porque que a gente não cai da Terra? É da mesma forma porque a massa da Terra é superior a massa do nosso corpo e ela atrai a gente para ela. Quando uma caneta cai no chão porque que a caneta não volta para o nosso corpo e fica no chão? Porque a massa da Terra é maior e ela vai ficar presinha no chão. E também essa é uma força que acontece em todas as partículas do universo e ela depende da distância entre os corpos.

Aluna 33: *Eu quero falar com vocês sobre a nucleossíntese estelar. A nucleossíntese estelar é a fabricação de elementos cósmicos que acontece dentro da estrela, assim como a sintetização de elementos muito pesados. Esses processos de nucleossíntese estelar começaram a ser percebidos lá no início do século XX, quando os cientistas perceberam que era claro que só as reações nucleares eram capazes de explicar a grande longevidade da fonte de luz e calor das estrelas. E partindo como ponto de pesquisa o Sol, a partir do Sol eles conseguiram deduzir das outras estrelas.*

Aproximadamente 90% das reações que acontecem é da fusão do hidrogênio em hélio, e 6% é do hélio em carbono, e o restante contribui de uma forma meio que insignificante para a emissão da energia dessas estrelas.

[a aluna mostra as gravuras no slide] E aí, aqui está mostrando uma gigante vermelha. E aqui oh, vejam que as estrelas massivas perto do final da vida delas tem um aspecto parecido com uma cebola. Vejam aqui tipo os anéis de uma cebola e cada um desses anéis seria uma camada de fusão. E aí isso acontece quando elas estão prestes a explodir em uma super nova. Daí aqui mostra que as queimas nucleares acontecem perto das extremidades de uma camada para outra. E aqui mostra um exemplo de uma reação nuclear que constrói isótopos ricos em nêutrons. (...)

Dai esses trabalhos que foram realizados até 1939, eles explicavam como as estrelas eram capazes de se manterem quentes, mas não tratavam da criação dos elementos pesados que aconteciam dentro do núcleo. (...)

No pico do ferro a estrela começa a decair. Aí ele marca o final da vida dela. E aí a partir disso começa a nucleossíntese explosiva. Na nucleossíntese explosiva é que começa a produção de elementos mais pesados que o ferro. No caso gente, a fusão do ferro é endotérmica. Então isso significa que o ferro ele não vai..., ao invés dele fornecer a energia ele vai absorver no interior dela.

E aí, a gravitação vai prevalecer e o núcleo vai desabar sobre si. E daí a produção de energia vai cair. E a estrela não vai mais ser sustentada pela pressão da radiação. Toda estrela então, vai desabar sobre si. E aí, a densidade do núcleo vai aumentar até atingir o núcleo atômico. E daí, quando ela atinge os núcleos atômicos, ela não pode mais aumentar... E daí ela começa expandir para fora das camadas internas até as externas. E daí que vai acontecer a explosão.

SEMINÁRIO DO GRUPO 6: PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS DA MATÉRIA-ANTIMATÉRIA E UM POUCO DE COSMOLOGIA

Aluno 37: *Primeiramente a gente tem que falar que temas que envolvem o universo e o cosmos são difíceis de ser falados. Porque são grande objetos de estudos e a maioria é baseada em teorias, e não em comprovações. Para se ter noção acredita-se que conhecemos apenas 4% de todo o nosso universo. (...)*

Aluno 42: *Eu quero complementar o que o meu colega falou sobre matéria escura. Se for falar de matéria escura, posso falar que ela está em todo lugar... Ela não tem luz como o próprio nome diz “matéria escura”. E tem uma teoria que ela tem pequenos, pequenos, fótons de luz, mas não tem nada comprovado.*

A matéria escura ela ficou “famosa” e veio a ser mais estudada a partir de 1999. E quando eles tentaram e começaram a estudar realmente ela, descobriram que o universo se expande. E um dos fatores que dá para perceber é que quando ele expande usam a questão da luz para medir.

E uma coisa que é engraçada, a matéria escura ela não tem massa, beleza. Só que ela é o contrário, vamos supor a Terra: a Terra teoricamente ela tem uma massa grande e ela vai fazer as coisas irem para o centro dela. Todo mundo já sabe disso, coisas grandes fazem ir para o centro. E já a matéria escura, ela faz o contrário, então por ela não ter uma massa ela vai fazer o contrário, ela vai separar as coisas. Então a matéria escura ela meio que ajuda a fazer isso, ela faz as galáxias se expandirem. (...)

Aluno 39: *Eu quero falar com vocês sobre a nossa pergunta de pesquisa: O universo se expandirá para sempre? Então, assim como nós já vimos aqui entre fatos, pesquisas, especulações e teorias, a verdade é que não tem uma verdade conclusiva sobre o início e o fim do universo. E é eu acredito que sua expansão, e organização é tipo assim de tamanha complexidade, é incrível mesmo. E ao passo que a gente vai aprendendo mais sobre a imensidão do universo... Assim a gente sabe muito pouco ainda do que provavelmente a gente pelo menos imagina que deve existir.*

E assim, as coisas surgem e desaparecem. O que era certo ontem, hoje é incerto. E teve uma conferência de astrônomos, e eu trouxe duas pesquisas. Eu trouxe uma do jornal New York Times que fala: “como se tornou evidente nos discursos aqui ainda não existe consenso quanto à natureza do cosmos”. E eu peguei uma do Science News, que fala: “resumindo tudo a cosmologia está longe de ser resolvida se é que podemos esperar que seja algum dia. E a observação, a teoria e os argumentos borbulham...” Então assim eu mesmo particularmente acho o universo em si uma coisa tipo, muito, muito, muito, complexa, mas muito interessante de poder se estudar e descobrir além do pouquinho que a gente sabe.