



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

FRANCISCO IVANILDO DE SOUSA

**A APRENDIZAGEM COOPERATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: um estudo de caso
com professores da educação básica do estado do Ceará**

**CAMPINA GRANDE
2020**

FRANCISCO IVANILDO DE SOUSA

**A APRENDIZAGEM COOPERATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: um estudo de caso
com professores da educação básica do estado do Ceará**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde.

**CAMPINA GRANDE
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S725a Sousa, Francisco Ivanildo de.

A aprendizagem cooperativa no Ensino de Física [manuscrito] : um estudo de caso com professores da educação básica do estado do Ceará / Francisco Ivanildo de Sousa. - 2020.

162 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2020.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde , Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem cooperativa. 3. Teorias da aprendizagem. 4. Ensino médio. I. Título

21. ed. CDD 530.7

FRANCISCO IVANILDO DE SOUSA

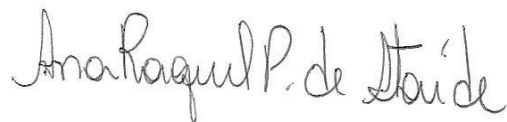
A APRENDIZAGEM COOPERATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: um estudo de caso com professores da educação básica do estado do Ceará

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 23/julho/2020.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Laécia Maria Bertulino de Medeiros
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por dirigir os meus passos e endireitar os meus caminhos, a minha mãe Irene, ao meu pai José, aos meus irmãos, ao meu filho Gabriel pelos sábios conselhos, a minha filha Isabeli, aos meus colegas de trabalho pela força e a minha esposa Rivia que sempre esteve comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois só ele sabe que pensamentos tem ao meu respeito, pensamentos de paz e não de mal para me dar o bem que desejo.

À professora Ana Raquel Pereira de Ataíde pela confiança, pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Aos meus pais pela oportunidade que me deram de aos dez anos frequentar pela primeira vez uma escola.

Aos meus professores do Curso de Mestrado da UEPB, em especial, Alessandro Frederico, Eduardo Onofre, Zélia Santiago, Filomena Moita, Paulo Geglio, Marcelo Germano, Pedro Lúcio, Marcos Barros e Joelson Pimentel pelas contribuições ao longo desses meses, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de classe em particular a turma de Física, Daniel Pontes, Janaína Guedes e Eliane Alves, bem como a Aparecida (Matemática) pelos momentos de amizade e apoio.

Aos meus colegas de escola/trabalho em especial o professor Carlos Cesar e a professora Ana Nunes pelo apoio e incentivo.

À minha esposa Rivierey Rivia e ao meu filho Gabriel por abandonarem seus planos para viver a realização desse sonho comigo.

“Os excessos do sistema de competição e de especialização prematura, sob o falacioso pretexto de eficácia, assassinam o espírito, impossibilitam qualquer vida cultural e chegam a suprimir os progressos nas ciências do futuro. É preciso, enfim, tendo em vista a realização de uma educação perfeita, desenvolver o espírito crítico na inteligência do jovem” (EINSTEIN, 1981, p. 16).

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi investigar como professores de três escolas públicas do estado do Ceará utilizam a metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física, tendo em vista a consolidação dessa estratégia de ensino nas diversas áreas do conhecimento. Adotamos para esse fim a abordagem da pesquisa qualitativa e o “estudo de caso” na perspectiva de Robert Stake. A pesquisa contempla três estudos: Estudo I, diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física, Estudo II, observação da prática e escuta de professoras/professores de Física do Ensino Médio regular de três escolas públicas do estado do Ceará quanto às possibilidades e dificuldades na utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física. As análises foram realizadas com base no referencial teórico da análise de conteúdo de Bardin e, o Estudo III, elaboração, aplicação e avaliação de uma proposta pedagógica de ensino sobre as leis da Termodinâmica pautada nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa em uma escola. Este estudo buscou contribuir com o processo de formação continuada de um dos professores participantes do Estudo II, com vista à utilização de estratégias cooperativas como forma de favorecer a criação de espaços de discussão e construção do conhecimento pelos estudantes. Os resultados do primeiro estudo mostraram que a produção acadêmica nacional voltada para o componente Física ainda é insipiente, apenas doze publicações foram identificadas sendo a primeira delas em 2013, quanto ao segundo estudo as análises revelaram que os docentes apesar de conhecerem algumas estratégias da metodologia cooperativa dedicam a maior parte do tempo pedagógico das aulas à realização de atividades apoiadas no método expositivo. Mesmo quando planejam atividades ditas cooperativas, o trabalho nas células caracteriza-se como atividade em grupo. Por fim, os resultados do terceiro estudo evidenciaram que a metodologia da aprendizagem cooperativa se adequa com sucesso ao componente curricular Física, pois, ao fomentar a participação ativa dos estudantes durante as aulas potencializa a construção conceitual. Esperamos que esta pesquisa possa contribuir com futuras investigações acerca da temática tendo em vista os desafios e as demandas que se apresentam no atual contexto educacional, bem como seu caráter inovador e desafiador para o ensino de Física.

Palavras-Chave: Ensino de Física. Aprendizagem Cooperativa. Teorias da Aprendizagem. Ensino Médio.

ABSTRACT

The goal of this study was to investigate how teachers from three public schools in the state of Ceará use the methodology of cooperative learning in physics classes, in view of the consolidation of this teaching methodology in the several areas of knowledge. For this work we have adopted the qualitative research approach and the "case study" from Robert Stake's perspective. The research includes three studies: Study I, diagnosis of national academic production about the methodology of cooperative learning in Physics Teaching, Study II, observation of the practice and listening to physics teachers of regular high school from three public schools in the state of Ceará regarding the possibilities and difficulties in using the methodology of cooperative learning in physics teaching. The analyzes were made based on the theoretical framework of Bardin content analysis. Study III, elaboration, application and evaluation of a pedagogical proposal of teaching on the laws of thermodynamics based on the methodological supposed of cooperative learning in a school, with one of the teachers participating in the second study. This study have with objective to contribute to the continuing training of one of the teachers who participated in Study II, with a purpose to the use of cooperative strategies as a way to stimulate the creation of moments for discussion and knowledge construction by students. The results of the first study showed that the national academic production focused on the Physics component is still incipient, only twelve publications were identified, the first being in 2013, in relation to the second study, the analyzes revealed although teachers knowledge some strategies of the cooperative methodology, they dedicate most of their pedagogical time to the activities supported by the exposed method. Even when planning so-called cooperative activities, cell work is characterized as group activity. As for the results of the second study, it was possible to show that the methodology of cooperative learning successfully fits the curriculum component Physics, by fostering the active participation of students during classes enhances the conceptual construction. Finally, we hope that this research can contribute to future investigations about the subject in view of the challenges and demands that are presented in the current educational context, as well as its innovative and challenging character for the teaching of Physics.

Keywords: Physics teaching. Cooperative learning. Learning Theories. High school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Estratégia cooperativa fila cooperativa	33
Figura 2 –	Estratégia cooperativa método dos pares	34
Figura 3 –	Estratégia cooperativa teste cooperativo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Área de avaliação, estrato avaliado e quantidade de periódicos	52
Tabela 2 –	Periódicos revisados, área de avaliação e quantidade de trabalhos	58
Tabela 3 –	IES revisadas, programa de Pós-Graduação e quantidade de trabalhos	59
Tabela 4 –	Edição do SNEF, ano do evento e quantidade de trabalhos	59
Tabela 5 –	Identificação dos periódicos, título dos artigos e ano de publicação	59
Tabela 6 –	Identificação dos programas de pós-graduação, título dos trabalhos e ano de publicação	60
Tabela 7 –	Edição do SNEF, título do trabalho e ano de publicação	60
Tabela 8 –	Classificação das produções quanto ao foco temático	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Formas de interdependência mais utilizadas pelos professores	22
Quadro 2 –	Exemplos de competências sociais que podem ser ensinadas pelo professor	24
Quadro 3 –	Decisões prévias a serem tomadas pelo professor ao planejar uma atividade cooperativa	26
Quadro 4 –	Papeis que podem ser atribuídos aos estudantes durante uma atividade cooperativa	29
Quadro 5 –	Vantagens da aprendizagem cooperativa	31
Quadro 6 –	Identificação da temática avaliada, categorias e o número dos dilemas.....	51
Quadro 7 –	Percentual de respostas dos professores ao questionário de dilemas por categoria	85
Quadro 8 –	Distribuição dos fragmentos de fala/verbalizações dos professores por categoria	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
Capes	Coordenação de Capacitação de Pessoal de Nível Superior
EEEP	Escola Estadual de Educação Profissional
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física
IES	Instituição de Ensino Superior
PRECE	Programa de Educação em Células Cooperativas
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
STAD	Student-Teams Achievement Division
TBL	Team-Based Learning
TGT	Teams-Games-Tourment
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNIPAMPA	Universidade Federal dos Pampas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 A Aprendizagem Cooperativa: aspectos importantes do método	20
2.1.1 Características e tipos de grupos cooperativos	25
2.1.2 A função do professor e os papéis atribuídos aos estudantes nos grupos cooperativos	27
2.1.3 Benefícios da aprendizagem cooperativa	29
2.1.4 Algumas estratégias cooperativas para o processo de ensino e aprendizagem	33
2.2 As Concepções Alternativas dos professores quanto a metodologia da Aprendizagem Cooperativa como estratégia didática para o Ensino de Física	36
2.2.1 Teoria direta da aprendizagem	39
2.2.2 Teoria interpretativa da aprendizagem	40
2.2.3 Teoria construtiva da aprendizagem	41
3 PERCURSO METODOLÓGICO	44
3.1 Concepções acerca do estudo de caso	44
3.1.1 A pesquisa qualitativa	44
3.1.2 Estudo de caso	44
3.2 A análise de conteúdo	45
3.2.1 A pré-análise	46
3.2.2 A exploração do material	47
3.2.3 O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação	47
3.3 A obtenção dos dados e os instrumentos de coleta	48
3.3.1 O pesquisador e a observação como instrumento de pesquisa	48
3.3.2 Entrevistas com os professores	49
3.3.3 O questionário de dilemas	50
3.4 Delineamento da Pesquisa	51
3.4.1 Estudo I: Diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física	52
3.4.2 Estudo II: Observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física	54
3.4.3 Estudo III: Análise da implementação de uma proposta de ensino elaborada a partir dos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa para introduzir conceitos físicos acerca das Leis da Termodinâmica como alternativa ao processo ensino-aprendizagem	56
3.4.4 Contexto da pesquisa	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58

4.1 Estudo I: Diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa em Ensino de Física	58
<i>4.1.1 Construção de arcabouço teórico geral</i>	61
<i>4.1.2 Construção de arcabouço teórico específico</i>	61
4.2 Estudo II: Observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa em ensino de Física	64
<i>4.2.1 Etapa I: Análise das verbalizações dos professores a partir das entrevistas</i>	65
<i>4.2.2 Etapa II: Análise do questionário de dilemas: construindo um contraponto entre o discurso e a prática dos professores</i>	85
<i>4.2.3 Etapa III: Síntese geral dos principais resultados do Estudo II</i>	94
4.3 Estudo III: Aplicação de uma proposta de ensino sobre as leis da Termodinâmica pautada nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa em uma escola 97	
<i>4.3.1 Etapa IV: Análise dos resultados da aplicação da proposta pedagógica de ensino sobre as Leis da Termodinâmica</i>	98
<i>4.3.2 Relato do professor acerca das suas impressões quanto a aplicação da proposta de ensino</i>	101
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS	110
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA ...	113
APÊNDICE B – GUIA DE OBSERVAÇÃO	116
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE DILEMAS	119
APÊNDICE D – PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	124
APÊNDICE E – PROCESSAMENTO DE GRUPO	161
APÊNDICE F – CONTRATO DE COOPERAÇÃO	162

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade da informação e da comunicação em que os estudantes são bombardeados constantemente por informações de diversas formas, a escola vem deixando de ser a primeira e talvez a principal fonte de conhecimento. São poucos “os furos informativos reservados à escola. Os alunos [...]; nem sequer precisam procurar pela informação: é ela que, em formatos quase sempre mais ágeis e atraentes do que os utilizados na escola, procura por eles” (POZO; CRESPO, 2009, p. 24). Esta sociedade, porém, exige da escola além do cumprimento da função que lhe é peculiar de difundir o conhecimento científico historicamente acumulado, que ela habilite os estudantes para o trabalho em equipe, para intervir de forma autônoma, crítica e colaborativa frente os desafios social e culturalmente instituídos.

Todavia, apesar desse cenário, em grande parte das escolas brasileiras o ensino de Física é realizado sob a perspectiva da abordagem “tradicional”, para a quem a aprendizagem pressupõe a transmissão de “[...] uma coleção de fatos objetivos governados por leis [...]” (POZO; CRESPO, 2009, p. 20) não subjacentes ao pensamento do cientista, mas manifestados pela própria natureza. Segundo os autores, ainda é ensinado que o conhecimento científico se baseia no rigor do “método científico”, sendo a observação o principal mecanismo para se extrair leis e princípios enterrados sob a aparência da realidade.

Ao buscar compreender o conhecimento científico sob esta perspectiva “positivista” pode-se incorrer no risco de desvinculá-lo da realidade e do contexto do estudante, bem como conceber o ensino como um processo de transmissão-recepção de informações pautado puramente na técnica, ignorando-se assim, as etapas necessárias para sua construção, fundamentais para a evolução cognitiva dos sujeitos (POZO; CRESPO, 2009).

Para Monereo e Gisbert (2005) a concepção de ensino como processo de transmissão e recepção de conhecimento poderá acarretar a circunscrição do fazer pedagógico à exposição, para quem é imperativo que se ignore o conhecimento prévio, iniba a participação dos estudantes com seus pares, inviabilize a criação de espaços de discussão, produção e partilha de conhecimento e de experiências de mundo. Ainda, de acordo com Monereo e Gisbert (2005, p. 11) nessa abordagem “as interações consideradas relevantes eram exclusivamente as que ocorriam entre professor e aluno. Nesse modelo [...], considerava-se que as interações entre alunos prejudicavam a atuação docente e, portanto, era preciso eliminá-las ou, pelo menos limitá-las”

Desse modo, numa estrutura educacional pautada na transmissão de conteúdo, elementos importantes para a construção de uma cultura científica (POZO; CRESPO, 2009)

pelos estudantes, tais como as contribuições da ciência física para o desenvolvimento tecnológico (seus impactos socioambientais e econômicos), a ciência como processo e não como estado, acabam escapando pelos vãos do currículo. Todavia, para Delizoicov e Angoti (1994) as ciências naturais e em particular a Física possuem em sua estrutura os elementos que permitem aos sujeitos que detém o mínimo de conhecimento a seu respeito, à capacidade de compreender a natureza e os processos tecnológicos em situações sociais, reais e concretas e principalmente aplicá-las nessas e outras circunstâncias.

Diante disso, com base em Pozo e Crespo (2009) propomos o seguinte questionamento: por que os estudantes não aprendem a Física que lhes é ensinada? Os próprios autores nos apresentam os elementos essenciais para a resposta a esta questão quando afirmam que “aprender não é fazer fotocópias mentais do mundo, assim como ensinar não é enviar um fax para a mente do aluno, esperando que ela reproduza uma cópia no dia da prova, para que o professor a compare com o original enviado por ele anteriormente” (POZO; CRESPO, 2009, p. 23).

Não obstante, apesar das limitações do método convencional, para muitos docentes o problema da deterioração da educação científica – ensino de ciências – extrapola o domínio do método e das questões pedagógicas como baixo rendimento acadêmico, déficit de aprendizagem e abandono escolar para imergir sob a perspectiva da indisciplina, da falta de interesse pela ciência e pela a aprendizagem (POZO; CRESPO, 2009). Porém, para Lovato et al. (2018, p. 167) as metodologias de ensino “precisam acompanhar os objetivos pretendidos, portanto, se buscamos a formação de alunos capazes de estabelecer diferentes interações tecnológicas e sociais, precisamos estabelecer práticas que conduzam a esse caminho”.

Portanto, urge pensar-se a necessidade de desenvolver abordagens pedagógicas que coloquem os estudantes como participantes ativos, atores e principais autores no processo de ensino e aprendizagem, propiciando o desenvolvimento de competências que gerem autonomia, posicionamento crítico, capacidade de resolver problemas e eficiência no aprendizado conceitual.

Em meados do segundo semestre de 2012 após alguns meses de estudo dos materiais produzidos pelo Programa de Educação em Células Cooperativas (PRECE) sobre a metodologia das células cooperativas o corpo docente da Escola de Ensino Médio Dona Antônia Lindalva de Moraes em Milagres-CE adota a metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didática de ensino-aprendizagem com o intuito de melhorar o resultado acadêmico dos estudantes nas avaliações internas e externas, reduzir as taxas de infrequência e o abandono escolar.

A princípio a ideia de romper com o modelo predominantemente tradicional já consolidado, apesar de sermos uma escola oficialmente construtivista – conforme Projeto Político Pedagógico – não me agradou, bem como a outros professores e uma parte expressiva dos estudantes. Por vezes questionei a forma como os estudantes teriam que se organizar na sala de aula, não mais em filas, mas em células de aprendizagem. Para uma aula puramente expositiva organizar os estudantes em células com três ou quatro componentes favorecia a desatenção e as conversas paralelas.

No início do primeiro período de 2013 todas as turmas estavam estruturadas em pequenos grupos, porém, o formato das atividades caracterizava-se como trabalho em grupo o que acentuou o problema das conversas paralelas entre os estudantes. Nesse ínterim um dos nossos professores (professor de História) é então convidado a participar de uma formação sobre a metodologia das células estudantis com o núcleo de aprendizagem cooperativa da Secretaria da Educação Básica do estado em parceria com Universidade Federal do Ceará.

Uma vez por mês nos reuníamos e as oficinas eram repassadas pelo professor multiplicador, porém confesso que não aceitava bem a ideia de estruturar as aulas seguindo aquela metodologia, visto que ela exigia horas de planejamento, além de centrar o processo ensino-aprendizagem nos estudantes. Apesar das oficinas permitirem compreender melhor a dinâmica da metodologia e a estrutura das aulas, os métodos apresentados pareciam não se adequar ao ensino de ciências em particular ao ensino de Física, esse fato gerou sérias resistências por parte dos professores da área.

Em junho de 2013 quando a metodologia da aprendizagem cooperativa já estava consolidada em nossa unidade educacional, assumi a coordenação pedagógica da escola – sem uma vivência prática da metodologia na sala de aula – quando passei a acompanhar diretamente o cotidiano dos professores e a planejar e realizar formações acerca da metodologia em parceria com o professor Carlos Cesar Pereira de Sousa.

A dedicação e entusiasmo do professor Cesar, bem como a necessidade de estudar a metodologia com maior profundidade em virtude das formações, aguçou o meu interesse pela aprendizagem cooperativa, porém, foi a melhoria nos resultados acadêmicos internos e externos, a redução nas taxas de infrequência e no abandono escolar que me fez enxergar as possibilidades advindas da utilização da metodologia. Timidamente, ano após ano, esses resultados foram sendo alcançados.

Minha vivência como professor e como coordenador pedagógico me possibilitou perceber quão tênue e quão contraditória pode ser a relação estabelecida entre o discurso – nos

referimos àquilo que está posto nos documentos oficiais da instituição de ensino e que não se concretiza no chão da sala de aula – e a prática cotidiana do professor.

Essa relação torna-se muito mais evidente quando envolve o rompimento de paradigmas impostos desde a gênese do nosso sistema educacional e que por um processo de acomodação está enraizado no fazer pedagógico docente. Referimo-nos à ênfase dada a metodologia puramente expositiva de conduzir o processo ensino-aprendizagem na qual fomos formados e que na concepção de muitos professores sempre funcionou e vai continuar funcionando por muito tempo.

De acordo com Chiquetto (2011) o currículo de Física do ensino médio está velho ele remonta aos programas dos vestibulares das primeiras décadas do século XX. Porém, apesar desse currículo não ter sofrido alterações significadas nos últimos anos, a sociedade para quem ele está sendo dirigido mudou, os processos tecnológicos trouxeram novas perspectivas à produção científica, os estudantes para quem são direcionadas as demandas formativas mudaram. Portanto, a escola precisa fomentar nesses estudantes “a capacidade de aprender, não apenas para nos adaptar, mas, sobretudo para transformar a realidade, para nela intervir, recriando-a, [...] um nível distinto do nível do adestramento dos outros animais ou do cultivo das plantas” (FREIRE. 2009, p. 69).

Dessa forma, não é nossa intenção propor que a aprendizagem cooperativa seja a solução definitiva para os problemas da educação brasileira. Entretanto, esta metodologia de ensino em pequenos grupos surge no contexto educacional contemporâneo como uma estratégia pedagógica capaz de atender aos anseios da escola e da sociedade atual a que nos referimos anteriormente. Nesse sentido, este trabalho objetiva compreender como a metodologia da aprendizagem cooperativa vem sendo implementada nas aulas de Física por professores de três escolas públicas do estado do Ceará, tendo em vista a consolidação dessa metodologia de ensino em outras áreas do conhecimento como uma estratégia pedagógica capaz de promover a formação integral dos estudantes.

A escolha dessa temática justifica-se pela escassez de pesquisas realizadas envolvendo a metodologia da aprendizagem cooperativa aplicada ao componente curricular Física, pela necessidade de investigar suas contribuições para o ensino de Física, bem como pela necessidade de se estruturar propostas de ensino que instrumentalizem à prática pedagógica de outros professores que optarem por utilizar a metodologia da aprendizagem cooperativa em suas aulas.

Para tanto, três questões nortearão esta pesquisa: (i) até que ponto os professores de Física que estão inseridos no contexto de uma escola que adota a metodologia da aprendizagem

cooperativa como estratégia didática de ensino e aprendizagem, utilizam essa abordagem em suas aulas? (ii) quais os obstáculos enfrentados pelos professores de Física na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa em suas aulas? (iii) quais as contribuições de uma proposta de ensino com atividades elaboradas a partir dos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa para a formação continuada de um dos professores participantes da pesquisa?

Desse modo, três estudos foram realizados com vistas a responder nossas questões de pesquisa, a saber: (a) o Estudo I onde traçamos um panorama das pesquisas acadêmicas nacionais acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia pedagógica para o Ensino de Física, (b) o Estudo II em que acompanhamos as atividades docentes em sala e fizemos a escuta de três professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física e, (c) o Estudo III realizado com um dos professores que participaram do segundo estudo – professor colaborador – onde avaliamos a aplicação de uma proposta pedagógica de ensino sobre as leis da Termodinâmica pautada nas estratégias metodológicas da aprendizagem cooperativa. A opção pela temática leis da Termodinâmica se deu em virtude da necessidade de adequação da etapa de execução da proposta de ensino ao plano anual do professor colaborador. A aplicação da proposta foi realizada pelo professor colaborador.

Trata-se de um estudo de caso e, portanto, de uma pesquisa de campo realizada por meio de entrevistas semiestruturadas, aplicação do questionário de dilemas e de observações *in loco* do cotidiano (observação participante) de três professores de Física de três escolas públicas de ensino médio regular e profissional localizadas no estado do Ceará.

Apesar dos numerosos estudos realizados sobre a metodologia da aprendizagem cooperativa indicarem que a sua utilização favorece a aquisição conceitual, melhora o rendimento acadêmico, contribui para o desenvolvimento social e psicológico, favorece a criticidade e o pensamento reflexivo (JOHNSON; JOHNSON; SMITH, 1998; TORRES; IRALA, 2004; LOPES; SILVA, 2009) as observações evidenciaram que as atividades propostas pelos professores participantes da pesquisa caracterizavam-se como trabalho em grupo apresentando, portanto, divergências consideráveis quanto ao estabelecimento de processos cooperativos, tendo em vista a ausência dos elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999; LOPES; SILVA, 2009).

Por último, esta dissertação será estruturada em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução acerca da temática da pesquisa e as motivações que nos levaram a escolha dessa temática. No Capítulo 2 delineamos os seguintes referenciais teórico-metodológicos

utilizados nesta pesquisa: (i) a aprendizagem cooperativa: aspectos importantes do método e, (ii) as concepções alternativas dos professores quanto a metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didática para o ensino de Física.

No Capítulo 3 descrevemos o percurso metodológico repercutindo acerca da fundamentação da pesquisa qualitativa e, do estudo de caso na perspectiva de Robert Stake. Neste capítulo também estruturamos a organização dos três estudos que compõem o corpo desta pesquisa e dos instrumentos utilizados para a coleta de dados.

No Capítulo 4 apresentamos os resultados do Estudo I que trata do diagnóstico das publicações acadêmicas nacionais sobre a metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física, do Estudo II que consistiu na observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física e, do Estudo III que surgiu a partir da aplicação de uma proposta pedagógica de ensino sobre as leis da Termodinâmica pautada nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa por um dos professores participantes do segundo estudo – professor colaborador.

Por fim, no Capítulo 5 apresentamos as nossas considerações finais acerca dos resultados obtidos na tentativa de responder as nossas questões de pesquisa, bem como apontamos a necessidade de investigações futuras em torno da temática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Considerando que o propósito desta pesquisa é compreender como se dá a aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física em escolas públicas do estado do Ceará, neste capítulo buscamos delinear os seguintes referenciais teórico-metodológicos que fundamentarão nosso trabalho: (i) a aprendizagem cooperativa: aspectos importantes do método e, (ii) as concepções alternativas dos professores quanto a metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didática para o ensino de Física.

2.1 A Aprendizagem Cooperativa: aspectos importantes do método

A cooperação atributo intrínseco do ser humano, consiste no ato de buscar de forma conjunta e coordenada, seja no trabalho, na escola ou nas relações interpessoais a realização de objetivos comuns. Os sujeitos cooperam porque reconhecem aspectos benéficos em compartilhar esforços e/ou conhecimento. La Taille (1992, p. 19) reporta que “[...] a cooperação pressupõe a coordenação das operações de dois ou mais sujeitos. [...] é o tipo de relação interindividual que representa o mais alto nível de socialização”.

No ambiente escolar mesmo que não haja a promoção intencional da instituição os estudantes trabalham juntos “porque percebem as vantagens de compartilhar o que sabem e intuitivamente adotam uma visão social do processo de aprendizagem” (LOPES; SILVA, 2009, p. 3). Se intencionalmente planejada a cooperação pode despontar como uma ferramenta poderosa no âmbito educacional, visto configurar-se como uma estratégia de participação ativa oferecendo simultaneamente oportunidade de aprendizagem tanto para o estudante como para o professor. Interagir frente a frente demanda respostas, requer comportamento atento e oportuniza que os alunos se engajem em conversas substantivas e de alta qualidade (COHEN; LOTAN, 2017). Quando estruturada cuidadosamente a aprendizagem cooperativa permite que os estudantes interajam, troquem informações e sejam avaliados de forma individual e grupal.

A aprendizagem cooperativa pode ser compreendida como o exercício educacional realizado em pequenos grupos em que os estudantes trabalham juntos visando atingir alvos comuns, orientados por atividades intencionalmente elaboradas e claramente designadas. Como explicita Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 5) “a aprendizagem cooperativa é o emprego didático de grupos reduzidos nos quais os alunos trabalham juntos para maximizar sua própria aprendizagem e a dos demais”.

Os estudantes são organizados em pequenos grupos que após receberem instruções do

professor começam a trabalhar conforme o que foi solicitado, até que todos consigam compreender e completar a tarefa com sucesso. Nessa perspectiva, Campos et al. (2003, p. 26) disserta que “a aprendizagem cooperativa é uma técnica ou proposta pedagógica na qual os estudantes ajudam-se no processo de aprendizagem atuando como parceiros entre si [...]”. Diante do exposto podemos conceituar a aprendizagem cooperativa como é um conjunto de métodos que podem ser utilizados pelo professor para organizar, orientar e conduzir o processo de ensino e aprendizagem.

Para muitos professores dispor os estudantes em grupos e solicitar que trabalhem juntos é desenvolver uma atividade cooperativa, porém sentá-los à volta de uma mesa para que possam interagir uns com os outros sem estruturar a comunicação, o diálogo e a participação equitativa entre eles não é cooperação. Para Lopes e Silva (2009, p. 15) “pôr os alunos a trabalhar em grupo para aprenderem não é o mesmo que estruturar a cooperação entre os alunos”.

Dessa forma para que o processo de ensino e aprendizagem seja verdadeiramente cooperativo cinco elementos essenciais precisam estar presentes. São eles: a interdependência positiva, a responsabilidade individual e de grupo, a interação face a face, as competências sociais e o processamento de grupo. Conforme Johnson, Johnson e Holubec (1999) sem o estabelecimento dessas condições pelo professor, não pode haver cooperação.

A interdependência positiva, segundo Lopes e Silva (2009), é o núcleo da aprendizagem cooperativa e será assegurada quando todos os membros do grupo são conscientes de que não poderão alcançar o êxito na realização de uma atividade a menos que também o alcancem seus companheiros. O esforço que realiza cada pessoa beneficia a ela mesma e aos demais. Sendo assim, os estudantes precisam sentir que seu compromisso individual é útil não só para eles próprios, mas também para o restante da célula.

Contudo, para que isso ocorra todos os membros do grupo precisam ter tarefas e funções designadas e responsabilizarem-se por elas. Para Cohen e Lotan (2017, p. 85) “embora a interdependência incorpore ricas atividades adequadas para o trabalho em grupo, é essencial tornar cada aluno pessoalmente responsável por contribuir para o sucesso de sua equipe e pelo domínio dos conceitos envolvidos”. Ainda, segundo as autoras quando os estudantes trabalham em uma atividade bem elaborada e concreta eles tendem a se tornar cada vez mais interdependentes.

Conforme Lopes e Silva (2009) a interdependência positiva atua como agente gerador das situações interativas, onde os estudantes em pequenos grupos, trabalham em conjunto para maximizar a aprendizagem da equipe, partilhando recursos, encorajando-se mutuamente e celebrando o sucesso juntos.

Para os autores a interdependência positiva poder ser: (i) de objetivos/finalidades que está presente numa atividade cooperativa quando os membros do grupo estão cientes de que precisam trabalhar juntos para atingir objetivos comuns. Quando a meta é atingida todos podem receber recompensas; (ii) de tarefas, ocorre quando a tarefa é dividida entre os elementos do grupo, cada membro da equipe se torna responsável por uma parte da atividade comprometendo-se e responsabilizando-se pelo cumprimento dela; (iii) de recursos, quando cada membro da célula tem apenas uma parte dos recursos, da informação ou dos materiais para que a tarefa possa ser concluída e, (iv) de papéis que acontece quando cada elemento do grupo desempenha uma função diferente e conectada aos demais. No Quadro 1 apresentamos as formas de interdependência positiva mais utilizadas segundo Lopes e Silva (2009, p. 16) e Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 13).

Quadro 1 – Formas de interdependência mais utilizadas pelos professores

Interdependência Positiva	Como implementar
De objetivos ou finalidades	Está presente quando todos os membros do grupo estão cientes de que precisam trabalhar juntos para atingirem objetivos comuns.
De tarefas	Ocorre quando a tarefa é dividida entre os elementos do grupo, cada um torna-se responsável por uma parte da atividade comprometendo-se e responsabilizando-se pelo cumprimento dela.
De recursos	Cada membro da célula tem apenas uma parte dos recursos, da informação ou dos materiais para que a tarefa possa ser concluída, assim os alunos partilham com os demais todo o material para que a meta seja alcançada.
de papéis	Acontece quando cada elemento do grupo desempenha uma função diferente e conectada aos demais. Os papéis são imprescindíveis para o funcionamento adequado do grupo.

Fonte: Adaptado de Lopes e Silva (2009, p. 16) e Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 13).

A responsabilidade individual é caracterizada pelo compromisso individual consigo mesmo e com os demais componentes da célula de aprendizagem. Cada membro da célula responsabiliza-se pelas aprendizagens e tarefas atribuídas. A ninguém é dado o direito de aproveitar-se do trabalho do outro (LOPES; SILVA, 2009). No entanto, de acordo com Lopes e Silva (2009, p. 17) “o grupo dever ter objetivos claros e deve ser capaz de avaliar o progresso conseguido em relação aos objetivos e aos esforços individuais de cada elemento do grupo”. Em suma a responsabilidade individual pode ser evidenciada quando o desempenho de cada estudante é verificado e o feedback é dado tanto ao indivíduo como ao grupo com o propósito de determinar quem precisa de ajuda.

A Interação Face a Face atua como agente promotor da interdependência positiva, maximizando a oportunidade de os estudantes atuarem como sujeitos da aprendizagem e do sucesso uns dos outros. Para Lopes e Silva (2009, p. 18)

[...] enquanto a interdependência positiva cria as condições para que os alunos trabalhem juntos, é a interação face a face que efetiva as possibilidades de que os alunos trabalhem em conjunto, promovam o sucesso uns dos outros e estabeleçam as relações pessoais que serão essenciais para o desenvolvimento dos valores pluralistas.

Nesse sentido, Johnson, Johnson e Smith (1998, p. 93) esclarecem que a cooperação resulta da interdependência positiva, que por sua vez deriva da interação promotora ou face a face, onde “os indivíduos estimulam e facilitam os esforços mútuos para se aprender”, movidos entre si pelo mesmo objetivo. A interação face a face, portanto, pode ser caracterizada pelo ato de garantir aos estudantes a oportunidade de estarem frente a frente em situação de encorajamento, elogiando o empenho individual realizado para aprender, permitindo aos diferentes estudantes que se fortaleçam e facilitem os esforços individuais para alcançarem os objetivos da célula.

Desta forma o compromisso pessoal de uns para com os outros aumenta quando os estudantes se percebem como responsáveis também por promover a aprendizagem dos demais. Para obter-se uma interação face a face eficaz os grupos devem ser suficientemente pequenos (2 a 4 elementos), assim todos podem interagir e participar de forma equitativa, permitindo que o grupo ganhe consciência dos seus objetivos de trabalho e os aceite (LOPES; SILVA, 2009).

As habilidades sociais tais como os conteúdos acadêmicos precisam ser ensinadas, não sendo natas, precisam ser trabalhadas da forma apropriada para que sua aquisição seja possível (JOHNSON; JOHNSON; SMITH, 1998). Para Lopes e Silva (2009, p. 19) “o professor tem que lhes ensinar as práticas do trabalho em equipe com a mesma seriedade e precisão com que ensina as matérias escolares”. Quanto maior o nível de desenvolvimento das habilidades sociais, maior o grau de cooperação entre os alunos e maior a atenção dispensada aos professores. Logo, o sucesso do grupo cooperativo exige o desenvolvimento de habilidades interpessoais, orientar os alunos para trabalharem um ao lado do outro não garante um trabalho eficaz. Conforme Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 37)

Não nascemos sabendo interagir corretamente com os demais. A capacidade de estabelecer boas relações interpessoais e grupais não aparece por arte de magia quando necessitamos. O docente deve ensinar aos alunos as competências ou práticas sociais requeridas para colaborar uns com os outros e motivá-los para que as utilizem com efeito de trabalhar cooperativamente.

Os estudantes precisam ter a oportunidade de trabalharem juntos de forma cooperativa,

a fim de desenvolverem as capacidades sociais necessárias para o sucesso do grupo, assim como o professor precisa ter consciência de que a ausência dessas competências potencializa o insucesso na aplicação da aprendizagem cooperativa. No Quadro 2, listamos algumas competências sociais que podem ser ensinadas aos alunos em um grupo cooperativo.

Quadro 2 – Exemplos de competências sociais que podem ser ensinadas pelo professor

Competências Sociais	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falar um de cada vez ▪ Elogiar (não derrotar os outros) ▪ Partilhar os materiais ▪ Pedir ajuda ▪ Oferecer ajuda ▪ Falar baixo para não perturbar os outros ▪ Participar como os outros ▪ Permanecer na tarefa ▪ Permanecer na célula ▪ Dizer coisas agradáveis ▪ Usar o nome das pessoas ▪ Encorajar os outros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicar de forma clara ▪ Aceitar as diferenças ▪ Escutar atentamente (saber ouvir) ▪ Resolver conflitos ▪ Seguir instruções ▪ Gerir os materiais ▪ Ser solidário com a equipe ▪ Partilhar ideias ▪ Registrar ideias ▪ Partilhar tarefas ▪ Celebrar o sucesso ▪ Ser paciente (esperar a sua vez)

Fonte: Adaptado de Lopes e Silva (2009, p. 34)

O processamento de grupo deve ser realizado sempre que um projeto de aprendizagem é concluído. Sendo, portanto, sistemático e periódico, ele permite que os membros da célula reflitam sobre o seu desempenho na medida em que analisam o alcance das metas estabelecidas e as estratégias para tornar mais eficaz o seu trabalho. O processamento de grupo configura-se, portanto, como a oportunidade para cada elemento do grupo identificar durante a execução de uma atividade, quais atitudes foram positivas e que deverão ser mantidas e quais ações não contribuíram para o bom desempenho da equipe, bem como quais compromissos serão feitos para buscar a eficiência do grupo. Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 10) ao ponderarem a esse respeito afirmam

Esta avaliação tem lugar quando os membros do grupo analisam em que medida estão alcançando as metas e, mantendo relações de trabalho eficazes. Os grupos devem determinar que ações de seus membros são positivas ou negativas, e tomar decisões acerca de quais condutas conservar ou modificar. Para que o processo de aprendizagem melhore de forma substancial, é necessário que os membros analisem cuidadosamente como estão trabalhando juntos e como podem acrescentar a eficácia ao grupo.

Portanto, deve-se dar tempo e condições suficientes aos estudantes para que avaliem o modo como estão desempenhando suas funções dentro do grupo, como têm posto em prática as competências sociais e assegurar que cada componente receba feedbacks pela sua participação.

2.1.1 Características e tipos de grupos cooperativos

O sucesso de qualquer grupo cooperativo é resultado da sua capacidade de cooperar e da aquisição das habilidades sociais próprias da cooperação. Quando o professor identificar que cada estudante consolidou as competências básicas necessárias para o trabalho em equipe dar-se o momento da formação dos grupos. Johnson, Johnson e Holubec (1999) orientam que antes de efetuar a distribuição dos estudantes em grupos, o professor deverá decidir se estes serão homogêneos ou heterogêneos, quanto tempo durarão e quantos membros terão.

Para os autores há situações em que é conveniente utilizar grupos homogêneos, cujos membros tenham capacidades similares, por exemplo, ao ensinar determinadas práticas sociais, ou em atividades que requeiram maior autonomia dos estudantes, ficando o professor disponível para dedicar-se ao atendimento individual de estudantes ou grupos de estudantes que apresentarem dificuldades, seja no cumprimento de uma tarefa ou na aprendizagem do conteúdo que está sendo abordado naquele momento.

No entanto, para Johnson, Johnson e Holubec (1999) e Cohen e Lotan (2017) o professor deve dar preferência aos grupos heterogêneos. Segundo os autores em virtude de serem compostos por estudantes com diferentes rendimentos e interesses diversos, essa estrutura permite que seus componentes ampliem seus conhecimentos a partir de perspectivas e métodos distintos de resolução de um problema, promovam discussões profundas em torno de uma temática, compartilhem explicações assertivas, tendam a posicionar-se criticamente durante a análise de um fato novo, desenvolvam a competência na língua oral e escrita e atuem em níveis cognitivos cada vez mais elevados.

Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 18) esclarecem que “os grupos heterogêneos tendem a promover um pensamento mais profundo, um maior intercâmbio de explicações e uma maior tendência a assumir pontos de vista durante a análise do material, o que aumenta a compreensão, o raciocínio e a retenção a longo prazo [...]”. Deste modo, nos grupos heterogêneos os estudantes estão constantemente provocando e sendo provocados, gerando entre si inúmeros estados de desequilíbrio cognitivo e estimulando a aprendizagem mútua. Para Cohen e Lotan (2017, p. 60) a forma como os grupos serão estruturados depende do objetivo a ser alcançado ao se utilizar “o trabalho em grupo e do tipo de interação que se deseja que os alunos tenham”.

Outra característica imprescindível reportada por Johnson, Johnson e Holubec (1999) que o professor precisa considerar ao estruturar sua aula com base nos princípios da cooperação concerne ao tempo de duração dos grupos, podendo ser: informal, formal e de base. Segundo

Barkley, Cross e Major (2012) os grupos informais são constituídos de forma rápida e aleatória com o objetivo de que os estudantes trabalhem juntos por um curto período, sendo criados para responder uma pergunta, suscitar ideias ou encerrar uma aula.

Os grupos formais funcionam por um período maior, que vai desde uma aula até várias semanas ou meses. Nestes grupos os estudantes trabalham juntos para atingir objetivos comuns e asseguram-se de que os colegas também o alcancem. Barkley, Cross e Major (2012, p. 46) referem ainda que os grupos formais são criados “para trabalhar com o fim de alcançar um objetivo mais complexo como redigir um texto ou elaborar uma apresentação”. O grupo permanece até finalizar a tarefa, em geral utilizam-se por várias aulas ou semanas.

Os grupos cooperativos de base podem permanecer por intervalos de tempo mais longos, durante todo o semestre ou todo o curso. São grupos de aprendizagem preferencialmente heterogêneos, com membros permanentes, cujo principal objetivo é possibilitar que os seus integrantes se apoiem mutuamente, motivem-se uns aos outros para obter bom rendimento escolar. Para Lopes e Silva (2009, p. 22) “os grupos de base permitem que os alunos estabeleçam relacionamentos responsáveis e duradouros que os motivarão a esforçar-se nas suas tarefas, a progredir no cumprimento das suas obrigações escolares [...] e a ter um bom desenvolvimento cognitivo e social”.

Contudo, como afirmam Johnson, Johnson e Smith (1998, p. 100) “os três tipos de grupos de aprendizagem cooperativa se complementam e se apoiam entre si. Eles todos até podem ser usados numa única sessão de aula”. Por fim, ressaltamos que, quando se pretende utilizar os grupos de aprendizagem cooperativa alguns cuidados importantes devem ser tomados pelo professor. No Quadro 3, listamos algumas das decisões prévias importantes que devem ser consideradas pelo professor quando da formação dos grupos de cooperativos.

Quadro 3 – Decisões a serem tomadas pelo professor ao planejar uma atividade cooperativa

Nos grupos cooperativos	Decisões prévias a serem tomadas
Compete ao professor:	Tomar uma série de decisões antes de dar a aula.
	Especificar os objetivos da lição.
	Explicar a tarefa e a interdependência positiva aos alunos.
	Supervisionar a aprendizagem e intervir junto dos grupos para apoiar à tarefa ou melhorar o desempenho interpessoal e grupal dos alunos.
	Avaliar a aprendizagem dos alunos e ajudá-los a determinar o nível de eficácia com que funcionou o grupo.

Fonte: Lopes e Silva (2009, p. 21)

Por fim, o terceiro aspecto essencial para o bom funcionamento de uma atividade cooperativa diz respeito ao tamanho dos grupos, para Johnson, Johnson e Holubec (1999), não existe uma regra que determine o número de estudantes que comporão as equipes, porém salientam que a quantidade de componentes depende dentre outras coisas dos objetivos da aula, das idades dos alunos, das suas experiências no trabalho em equipe e do tempo disponível para a atividade.

Para Johnson, Johnson e Holubec (1999) o professor precisa estar ciente de que quanto maior a quantidade de membros no grupo, maior a variedade de habilidades presentes, mais oportunidades deverão ser oferecidas para que os estudantes possam expressar-se, chegar ao consenso acerca da resposta que foi requerida, ou do material analisado. Os autores salientam ainda que quando se aumenta as dimensões do grupo “diminuem as interações pessoais entre os membros e se reduz a sensação de intimidade. O resultado poderá ser um grupo menos coeso e uma menor responsabilidade individual para contribuir com o êxito do trabalho do grupo” (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999, p. 17).

2.1.2 A função do professor e os papéis atribuídos aos estudantes nos grupos cooperativos

De acordo com Campos et al. (2003, p. 30) numa aula estruturada a partir da metodologia da aprendizagem cooperativa “em lugar de atuar como o especialista que fornece as informações, [...], o professor estrutura o ambiente cooperativo de forma a incentivar a interação entre os alunos”. Para La Taille (1992, p. 19) na cooperação “[...] não há mais assimetria, imposição, repetição, crença etc. Há discussão, troca de pontos de vista, controle mútuo dos argumentos e das provas. Ela é a possibilidade de se chegar as verdades”.

Nessa dinâmica de ensino o papel do professor ultrapassa a fronteira da busca e correção imediata de erros, os alunos precisam ser “empoderados para cometerem erros, descobrirem o que deu errado e explorarem o que pode ser feito a esse respeito”, dessa forma “o trabalho em grupo muda drasticamente o papel do professor. Com ele, você não é mais um supervisor direto dos alunos, responsável por garantir que façam o seu trabalho exatamente como você os orienta” (COHEN; LOTAN, 2017, p. 121).

Enquanto os estudantes trabalham em seus respectivos grupos o professor assume um papel mais exigente e ambicioso. De acordo com Cohen e Lotan (2017) nesse momento o professor monitora o trabalho dos estudantes cuidadosamente escutando as discussões a fim de perceber como a atividade se desenvolve e quando necessário faz perguntas estimuladoras para incentivar um estudante ou grupo que esteja com dificuldades para executar dada tarefa, e o

mais importante dar e recebe *feedback*. Porém, conforme Ovejero (1990, p. 27) “os professores não devem intervir nos grupos mais do absolutamente imprescindível”, por outro lado para o autor “o melhor momento para ensinar as habilidades cooperativas é quando os estudantes as necessitam”.

Nessa perspectiva Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 18) afirmam que o papel do professor na aprendizagem cooperativa é multifacetado

Na aprendizagem cooperativa, o professor forma os grupos de aprendizagem, ensina conceitos e estratégias básicas, controla o funcionamento dos grupos, intervém para ensinar habilidades em grupos pequenos, oferece ajuda nas tarefas quando necessário avalia a aprendizagem dos alunos e assegura de que todos os grupos processem a forma com que seus integrantes trabalharam juntos.

Consoante ao exposto acima Johnson, Johnson e Holubec (1999) acrescentam que na aprendizagem cooperativa compete ainda ao docente à função de: (i) especificar os objetivos da atividade; (ii) tomar decisões prévias em relação ao ensino e sobre os grupos, a disposição da sala de aula, os materiais educacionais e os papéis dos alunos no grupo; (iii) explicar a tarefa e estrutura dos objetivos aos alunos; (iv) iniciar a atividade cooperativa; (v) monitorar a efetividade dos grupos de aprendizagem cooperativa e intervir quando necessário e, (vi) avaliar as realizações dos alunos e ajudá-los a discutir o resultado do trabalho no grupo.

Portanto, numa sala de aula cooperativa o professor atua como mediador, facilitador do processo ensino-aprendizagem. De acordo com Lopes e Silva (2009, p. 23) “para que se estabeleça entre os alunos um clima de cooperação, devem colocar-se duas condições essenciais: o professor delegar uma margem de autonomia aos alunos na execução de uma tarefa e os alunos serem capazes de exercer essa autonomia”. Para eles ambas as condições só podem ser alcançadas com a atribuição de papéis aos alunos.

Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 24) legitimam essa afirmação ao dizerem que “os papéis indicam o que esperar que cada membro do grupo faça aos demais e, portanto, o que está se obrigando a fazer por eles”. Há situações em que os estudantes se negam a participar do processo cooperativo ou mesmo não sabem como contribuir para o bom desenvolvimento do grupo. Para resolver esse problema, bem como prevenir outros conflitos internos do grupo o professor precisa atribuir papéis concretos a cada membro.

O docente pode ajudar a resolver e prevenir esse problema outorgando-lhe a cada membro um papel concreto que deverá desempenhar dentro do grupo. A atribuição de papéis tem várias vantagens: 1) reduz a probabilidade de que alunos adotem uma atitude passiva ou dominante no grupo; 2) garante que o grupo utilize as técnicas grupais básicas e que todos os membros aprendam as práticas requeridas, e 3) cria a interdependência dos membros do grupo (JOHNSON; JHONSON; HOLUBEC 1999, p. 24).

Os papéis, portanto, indicam o que se pode esperar de cada membro do grupo. No Quadro 4, constam alguns dos papéis que podem ser desempenhados pelos estudantes nos grupos cooperativos.

Quadro 4 – Papéis que podem ser atribuídos aos estudantes durante uma atividade cooperativa

Papel	Descrição
Coordenador	Certifica-se que todos compreendam os objetivos da atividade e as estratégias de trabalho; estimula a equipe a cumprir as tarefas; esforça-se para que a equipe mantenha o foco na execução das tarefas em sala.
Guardião do tempo	Cronometra o tempo para a execução de cada tarefa e o tempo de fala de cada um, garantindo, assim, que todos tenham oportunidade de falar.
Relator	Sintetiza as respostas do grupo, sempre quando necessário; mantém-se atento aos pontos principais relatados pelos colegas para fazer a síntese de todas as respostas dos membros do grupo.
Estimulador	Fica atento para o nível participação de cada componente do grupo, estimulando aqueles que não estejam participando satisfatoriamente por qualquer motivo, ressaltando a importância da participação destes na construção da meta coletiva.
Redator	Registra, as ideias, decisões, planos e consensos da célula.
Encorajador	Encoraja os alunos relutantes ou tímidos a participar.
Elogiador	Mostra apreço pelas contribuições dos colegas e reconhece as realizações.
Chefe de perguntas	Assegura que todos os alunos possam fazer perguntas e que elas sejam respondidas
Controlador/verificador	Verifica a compreensão do grupo.
Controlador do barulho	Controla o nível de barulho.
Guardião dos materiais	Recolhe e restitui os materiais.

Fonte: Adaptado de Lopes e Silva (2009, p. 27)

Para garantir a participação equitativa é importante a rotação dos papéis semanalmente. Cohen de Lotan (2017, p. 108) enfatizam que “os papéis são utilizados para assegurar uma discussão de alta qualidade e um produto bem desenvolvido e no prazo”. Ressalta-se, além disso, que estes papéis dependem dos objetivos propostos pelo professor, da idade dos alunos e, sobretudo do grau de capacidade dos estudantes para trabalharem de forma cooperativa.

2.1.3 Benefícios da aprendizagem cooperativa

Desde a década de 60 os irmãos David W. Johnson e Roger T. Johnson realizam pesquisas envolvendo a aprendizagem cooperativa em universidades e outros níveis de ensino

adulto. Em levantamento realizado na década de 1990 os autores analisaram cerca de 305 estudos que comparavam a eficácia da cooperação. Johnson, Johnson e Smith (1998) classificou os resultados desta pesquisa em três categorias: sucesso acadêmico (objetivo da instituição e do estudante, quanto maior desempenho do estudante, maior a sua disposição em se comprometer e concluir seus estudos) qualidade dos relacionamentos (o esforço cooperativo promove o afeto entre estudantes considerando as diferentes etnias, cultura, linguagem, classe social, habilidade e sexo) e ajustamento psicológico à vida na faculdade (a cooperação está altamente relacionada à melhoria da saúde psicológica, enquanto o individualismo e competição potencializam um amplo espectro de patologias psicológicas).

Para Cohen e Lotan (2017) as pesquisas sociais têm mostrado que pessoas trabalhando juntas em busca de objetivos comuns geram impactos sobre os sentimentos de uma em relação à outra. “Quando grupos se engajam em tarefas cooperativas, é mais provável que se criem laços de amizade, confiança e influência do que quando a atividade simula uma competição” (DEUTSCH, 1968, 1992 apud COHEN; LOTAN, 2017, p. 17).

Existe um impulso peculiar na socialização, ao professor permitir que os estudantes decidam a forma como irão realizar suas atividades. “Permitir aos alunos que tomem decisões por si mesmos, em vez de dizer a eles exatamente o que fazer, terá um efeito social e político desejável. Os alunos terão uma sensação de maior controle sobre seu ambiente e aprenderão a ser cidadãos ativos” (SHARAN; SHARAN, 1976 apud COHEN; LOTAN, 2017, p. 19). As atividades cooperativas são estratégias excelentes para o aperfeiçoamento da linguagem e o desenvolvimento da comunicação oral “a proximidade física, o contato olho a olho e uma sensação de familiaridade facilitam a escuta e a fala” (COHEN; LOTAN, 2017, p. 96)

Coll (1984) generaliza que o processo de socialização em geral leva a aquisição de competências e habilidades sociais, ao controle dos impulsos agressivos, melhora o nível de adaptação às normas estabelecidas, reduz o egocentrismo, a relativização progressiva do ponto de vista próprio, o nível de aspiração e conseqüentemente o rendimento escolar. Monereo e Gisbert (2005, p. 11) sobrepõem que as pesquisas desenvolvidas nas últimas décadas mostram que a cooperação pode incidir positivamente quanto ao “processo de socialização, a aquisição de competências sociais, o controle de impulsos agressivos, a relativização dos pontos de vista, aumento das aspirações e a melhoria do desempenho acadêmico”.

Baseados em Ted Panitz (1996), Palmer, Peters e Streetman (2003) Lopes e Silva (2009) elencam mais de 50 benefícios da aprendizagem cooperativa, sumarizados em quatro categorias conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Vantagens da aprendizagem cooperativa

Categorias	Dimensões
Benefícios acadêmicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolve competências de pensamento de nível superior; ▪ Estimula a satisfação do aluno com experiências de aprendizagem; ▪ Cria um ambiente de aprendizagem ativo, envolvente e investigativo; ▪ O desenvolvimento das competências e da prática podem ser melhoradas e tornarem-se menos aborrecidas por meio de atividades de aprendizagem cooperativa dentro e fora da aula; ▪ Desenvolve as competências da comunicação oral; ▪ Fomenta as competências metacognitivas nos alunos; ▪ As discussões cooperativas melhoram a recordação do conteúdo do texto por parte dos alunos; ▪ Proporciona treino sobre estratégias de ensino eficazes para a próxima geração de professores; ▪ Ajuda os alunos a deixarem de considerar os professores como as únicas fontes de conhecimento e saberes; ▪ Promove os objetivos de aprendizagem em vez dos objetivos de desempenho; ▪ Permite aos alunos exercitarem um sentimento de controle sobre a tarefa; ▪ Melhora o rendimento escolar dos alunos e a assiduidade às aulas; ▪ Contribui para o desenvolvimento de uma atitude mais positiva em relação às matérias escolares; ▪ Aumenta a capacidade de retenção do aluno; ▪ Aumenta a persistência dos alunos e a probabilidade de serem bem-sucedidos na conclusão dos cursos; ▪ Os alunos permanecem mais tempo nas tarefas e apresentam menos problemas disciplinares; ▪ Promove a inovação nas técnicas de ensino na sala de aula; ▪ Desenvolve a demonstração ou exemplificação de técnicas de resolução de problemas pelos colegas; ▪ Permite a atribuição de tarefas mais desafiadoras sem tornar a carga de trabalho excessiva; ▪ Os alunos mais fracos melhoram seu desempenho quando se juntam com colegas que têm melhor rendimento escolar; ▪ Proporciona aos alunos que têm melhores notas a compreensão mais profunda que apenas resulta de ensinarem a matéria aos outros; ▪ Leva à produção de mais e melhores questões na aula; ▪ Os alunos exploram soluções alternativas para os problemas num ambiente seguro; ▪ Permite atender às diferenças de estilos de aprendizagem dos alunos; ▪ É especialmente útil na aprendizagem das línguas estrangeiras em que as interações que envolvem o uso da língua são importantes; ▪ É especialmente útil para o ensino da matemática; ▪ Enquadra-se bem na abordagem construtivista do ensino aprendizagem.
Benefícios sociais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estimula e desenvolve as relações interpessoais; ▪ Promove respostas sociais positivas em relação aos problemas e estimula um ambiente de apoio à gestão de resolução de conflitos; ▪ Cria um sistema de apoio social mais forte; ▪ Encoraja a responsabilidade pelos outros;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolve um maior número de relações heterogêneas positivas; ▪ Encoraja a compreensão da diversidade; ▪ Encoraja uma maior capacidade dos alunos para verem situações, assumindo as perspectivas dos outros (desenvolvimento da empatia); ▪ Estabelece uma atmosfera de cooperação e de ajuda em toda a escola; ▪ Os alunos são ensinados como criticar ideias, não pessoas; ▪ As salas de aula cooperativas podem ser usadas para modelar ou exemplificar comportamentos sociais desejáveis necessários a situações de emprego em que se utilizam equipes e grupos; ▪ Os alunos praticam a modelagem social e os papéis relacionados com o trabalho; ▪ Fomenta o espírito de constituição de equipe e a abordagem da equipe para a resolução de problemas ao mesmo tempo que mantém a responsabilidade individual; ▪ Fomenta a prática do desenvolvimento de competências de liderança; ▪ Aumenta as competências de liderança dos alunos; ▪ Proporciona os fundamentos para o desenvolvimento de comunidades de aprendizagem nas instituições e nos cursos; ▪ Ajuda os professores a deixarem de ser o centro do processo de ensino para se tornarem facilitadores da aprendizagem, permitindo passar da aprendizagem centrada no professor para a aprendizagem centrada no aluno.
Benefícios psicológicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promove o aumento da autoestima; ▪ Melhora a satisfação do aluno com as experiências de aprendizagem; ▪ Encoraja os alunos a procurar ajuda e a aceitar a tutoria dos outros colegas; ▪ A ansiedade na sala de aula é significativamente reduzida com a aprendizagem cooperativa; ▪ A ansiedade nos testes é significativamente reduzida; ▪ Cria uma atitude mais positiva dos alunos em relação aos professores, [...] e uma atitude mais positiva dos professores em relação aos seus alunos; ▪ Estabelece elevadas expectativas para alunos e professores.
Benefícios na avaliação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporciona formas de avaliação alternativas tais como a observação de grupos, avaliação do espírito do grupo e avaliações individuais escritas curtas; ▪ Proporciona <i>feedback</i> imediato aos alunos e ao professor sobre a eficácia de cada turma e sobre o progresso dos alunos, a partir da observação do trabalho individual e em grupo; ▪ Os grupos são mais fáceis de supervisionar do que os alunos individualmente.

Fonte: Lopes e Silva (2009, p. 50)

Lopes e Silva (2009) advertem para eventuais riscos de comprometimento das potencialidades da metodologia em virtude da sua utilização de forma inadequada, o que pode levar os estudantes a viverem “à pala dos outros”, enquanto alguns fazem a maior parte da tarefa os outros apenas reproduzem o que foi elaborado pelos companheiros. Os autores salientam que existem métodos cooperativos que podem dirimir esses riscos e envolver todos os membros do grupo na tarefa solicitada.

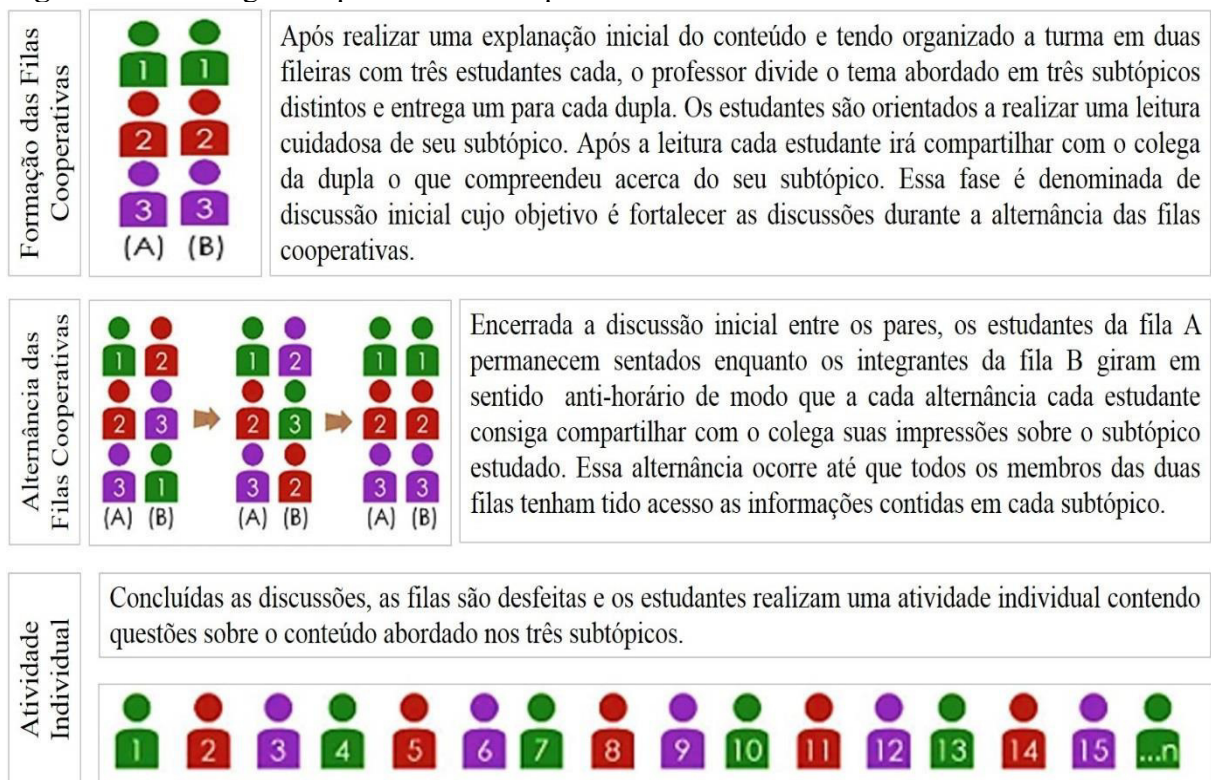
2.1.4 Algumas estratégias cooperativas para o processo de ensino e aprendizagem

Nesta subseção descreveremos brevemente as estratégias cooperativas utilizadas durante a execução do Estudo III que teve como objetivo a implementação de uma proposta didática de ensino elaborada a partir da perspectiva da aprendizagem cooperativa.

2.1.4.1 Método da fila cooperativa

De acordo com Marques et al. (2015) o método da fila cooperativa busca proporcionar aos estudantes a oportunidade de construir e compartilhar justificativas sobre tópicos distintos do mesmo tema. Para isso, o conteúdo a ser trabalhado deve ser fragmentado com o intuito de promover a interação face a face entre os pares. Nesta dinâmica de estudo são formadas duas filas (A e B) com três estudantes cada (estudante E1,1, E2,2 e E3,3). O professor ao definir a temática a ser abordada fragmenta o conteúdo em três tópicos diferentes e distribui um tópico para cada par. A Figura 1 ilustra a dinâmica utilizada para realização de uma atividade elaborada para ser desenvolvida utilizando o método cooperativo Fila Cooperativa.

Figura 1 – Estratégia cooperativa fila cooperativa



Fonte: Adaptado de Marques et al. (2015)

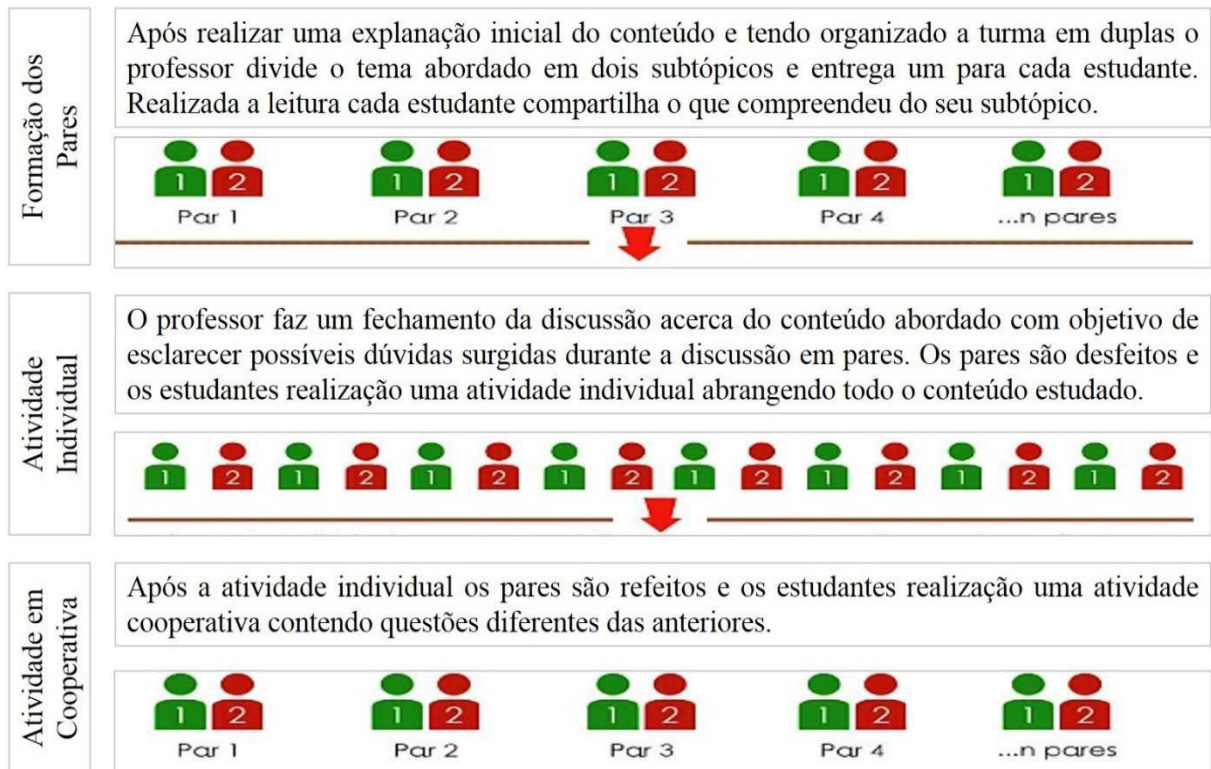
Após uma breve explanação do professor os estudantes realizam a leitura individual de seu tópico e anotam as informações que julgarem mais importantes. Em seguida com a orientação do professor iniciam a discussão acerca do conteúdo estudado. Cada componente da dupla deve explicar para o companheiro a sua compreensão sobre o tópico estudado.

Após a discussão inicial entre os pares os estudantes da fila A permanecem fixos enquanto os estudantes da fila B se alternam até que o ciclo esteja completo. Encerrada as discussões o professor realiza o fechamento da aula, as filas são desfeitas e uma atividade individual contemplando a temática abordada deve ser proposta.

2.1.4.2 Método dos pares

Conforme Marques et al. (2015) o método dos pares consiste na formação de células cooperativas com dois estudantes. O professor ao definir a temática a ser abordada fragmenta o conteúdo em dois tópicos diferentes e distribui um tópico para cada estudante. A Figura 2 é uma ilustração das etapas que devem ser seguidas na aplicação do Método dos Pares.

Figura 2 – Estratégia cooperativa método dos pares



Fonte: Adaptado de Marques et al. (2015)

Conforme Figura 2 o professor realiza uma breve explanação oral acerca do conteúdo referente a aula em curso. Em seguida os estudantes realizam a leitura individual de seu tópico

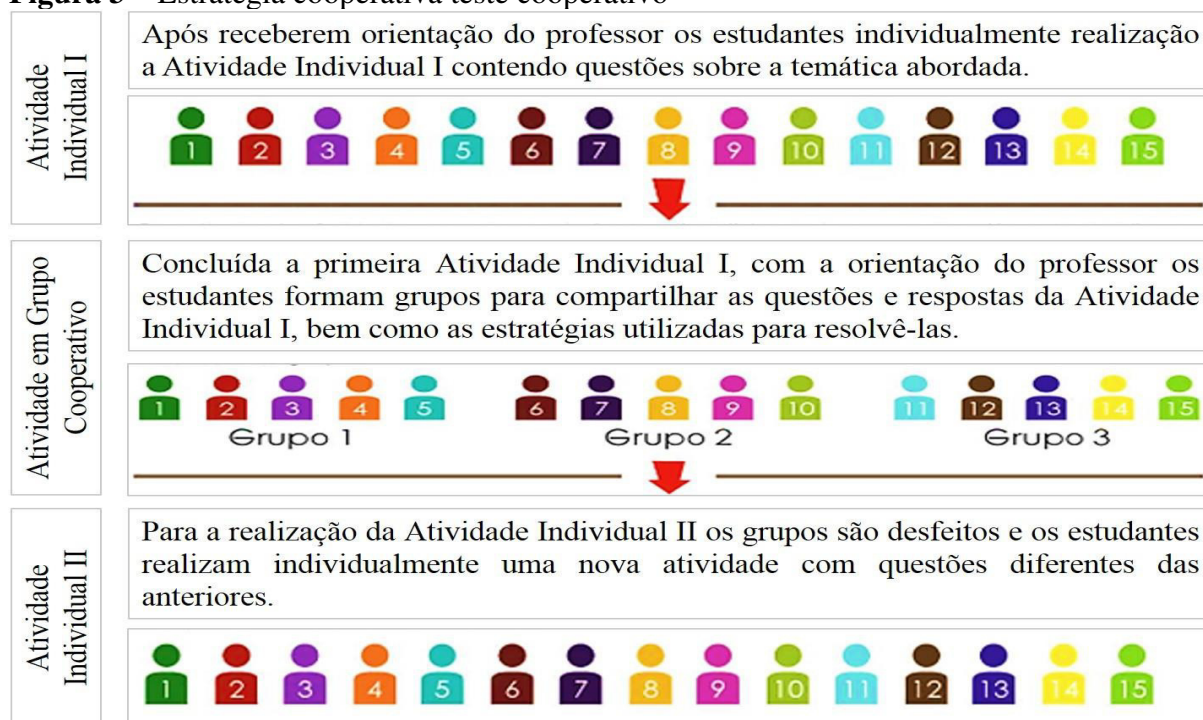
e anotam as informações mais significativas acerca da temática. Orientados pelo o professor cada membro da dupla deve explicar a sua compreensão sobre o tópico estudado. Após as discussões o professor efetua o fechamento da aula esclarecendo possíveis dúvidas ou equívocos provenientes das discussões em grupo.

Encerradas as discussões as duplas são desfeitas e cada estudante realiza uma atividade individual sobre a temática abordada nos grupos cooperativos. Após atividade individual os pares são refeitos e os estudantes realizam uma nova atividade de forma cooperativa “com questões diferentes das iniciais, porém contendo os mesmos assuntos abordados, sendo esta avaliação o critério de sucesso desta atividade” (MARQUES et al., 2015, p. 60).

2.1.4.3 Método teste cooperativo

Para Marques et al. (2015, p. 60) “o método do teste cooperativo consiste numa técnica em que a importância do trabalho em grupo é enaltecida a cada etapa que o método é desenvolvido”. Encerradas as discussões acerca da temática estabelecida pelo professor os estudantes passarão por três etapas de teste para consolidação dos conceitos abordados. A Figura 3 mostra os elementos presentes no método cooperativo Teste Cooperativo.

Figura 3 – Estratégia cooperativa teste cooperativo



Fonte: Adaptado de Marques et al. (2015)

De acordo com a Figura 3 o primeiro teste os estudantes executam individualmente. Cada estudante deve resolver um bloco de questões propostas pelo professor e em seguida entregar o gabarito ao professor. Em seguida os estudantes formam duplas onde devem discutir as questões resolvidas anteriormente e entregar novo gabarito ao professor. Por fim, o professor realiza o fechamento da aula com vistas a esclarecer possíveis dúvidas e preparar os estudantes para a última etapa da atividade que consistirá na realização de um teste individual com questões diferentes das discutidas anteriormente. Após o segundo teste individual o gabarito deve ser entregue ao professor. Este gabarito servirá como parâmetro afim de perceber a evolução conceitual e a consolidação do conteúdo abordado.

2.2 As Concepções Alternativas dos professores quanto a metodologia da Aprendizagem Cooperativa como estratégia didática para o Ensino de Física

Para estudar as concepções alternativas dos professores das escolas pesquisadas sobre a metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física utilizaremos o referencial teórico de Pozo et al. (2006). Trata-se do estudo das crenças, concepções ou teorias alternativas que os professores têm sobre o mundo social e natural cuja interpretação pode ser compreendida a partir das teorias implícitas (POZO et al. 2006; POZO; CRESPO, 2009; GARCÍA; POZO, 2017). São teorias, pois mesmo sendo “crenças desorganizadas ou desarticuladas, são sustentadas por certos princípios; e implícitas porque estes princípios não podem ser acessíveis à consciência, logo subjazem às ações dos sujeitos” (GARCÍA; POZO, 2017, p. 99).

De acordo com García, Sanz e Vilanova (2014) do ponto de vista cognitivo os sujeitos apreendem o objeto do conhecimento a partir da construção de representações que lhes possibilitarão interpretá-lo. Para Pozo e Crespo (2009) essas representações ou teorias informais são ideias que lhes permitirão prever, controlar acontecimentos ou dar sentido ao mundo que os rodeia. Ainda, segundo os autores essas funções possuem alto valor adaptativo em todas as espécies, todavia nos seres humanos em virtude da aprendizagem e da cultura elas se multiplicam.

Pozo e Crespo (2009, p. 89) ao dissertarem sobre a presença dessas concepções alternativas ou conhecimentos prévios em relação ao ensino de ciências afirmam

[...] a existência de ideias ou concepções prévias bastante arraigadas não é algo que afete exclusivamente os alunos de ciência. Apesar de talvez, esta ser a área em que essas ideias mais têm sido pesquisadas, todos nós possuímos ideias ou teorias informais [...] que afetam nossa vida cotidiana. Não há apenas uma física, uma química, uma biologia intuitivas. Há também um conhecimento informal sobre o mundo social e histórico.

Conforme García, Sanz e Vilanova (2014) essas representações são complexas e por estarem guardadas em diferentes níveis de complexidade na estrutura cognitiva do sujeito, modificá-las exigirá transcender-se a esses níveis representacionais existentes. Para isso faz-se necessário compreender como os sujeitos se aproximam desse mundo de objetos, bem como mostrar que essa aproximação requer não apenas procedimentos e atitudes, mas sobretudo a adoção de conceitos bem diferentes dos exigidos para uma compreensão intuitiva do mundo cotidiano (POZO; CRESPO, 2009).

De acordo com Pozo et al. (2006) existem diferentes enfoques acerca do estudo das concepções de professores no que tange ao processo de ensino-aprendizagem. Segundo os autores embora haja notáveis convergências entres esses enfoques, cada um assume um posicionamento diferente quanto à origem, a natureza e aos processos de mudanças dessas concepções. Adotaremos nessa pesquisa o enfoque que interpreta tais concepções ou crenças a partir das concepções alternativas ou teorias implícitas.

Pozo e Crespo (2009) referem que existem três níveis fundamentais de análises das representações, a saber: os modelos mentais, as teorias de domínio e as teorias implícitas. Detalharemos brevemente os dois primeiros e nos aprofundaremos no terceiro nível, pois como mencionamos embasará a análise dos dados obtidos a partir do questionário de dilemas aplicado aos professores.

Os modelos mentais são o primeiro nível de representações, também o mais acessível e, portanto, facilmente reconhecível. “São representações ativadas para uma situação específica, que, em muitos casos, são constituídas ou elaboradas [...] em resposta a essas demandas contextuais, sem que estejam necessariamente armazenadas de modo permanente ou explícito no sistema cognitivo” (POZO; CRESPO, 2009, p. 96). Correspondem, portanto, às crenças, previsões, juízos ou interpretações que se fazem de situações ou tarefas enfrentadas pelos sujeitos.

As teorias de domínio são mais estáveis que os modelos mentais, porém menos acessíveis e sua explicitação exige um esforço cognitivo e uma prática maior. Quanto mais estáveis, mais consistentes. Para Pozo e Crespo (2009) as teorias de domínio são traços invariáveis dos modelos mentais cuja ativação se dá em diferentes contextos no âmbito do mesmo conhecimento.

As teorias implícitas têm na sua constituição um conjunto de regras ou restrições quanto ao processamento de informação, estas por sua vez irão determinar não somente o que será processado, mas também quais as relações que serão estabelecidas entre os elementos dessa informação.

Conforme Pozo e Crespo (2009, p. 98) as teorias implícitas são, mais gerais e mais estáveis que as teorias de domínio, visto que as “representações ativadas pelos indivíduos em diversos domínios poderiam compartilhar as mesmas restrições de processamento [...]”, bem como diversas teorias de domínio podem ancorar-se nas mesmas teorias implícitas. Segundo Vosniadou (1994b apud POZO; CRESPO, 2009) as teorias implícitas em certos domínios seriam constituídas ainda na fase da infância. Para os autores o conhecimento intuitivo ou as teorias implícitas de professores e estudantes apoiam-se em três supostos, a saber: epistemológico, ontológico e conceitual.

Os supostos epistemológicos segundo os autores geram as representações específicas cujo papel consiste em buscar, prever ou explicar fenômenos cotidianos em que o conhecimento intuitivo passa a assumir de maneira implícita determinados princípios sobre a natureza da realidade (POZO et al., 2006).

No que concerne aos supostos ontológicos estes surgem quando se busca classificar objetos do mundo em categorias hierárquicas a partir da atribuição de determinadas propriedades. Chi (1992 apud POZO; CRESPO, 2009, p. 103) disserta que no topo dessa “hierarquia ontológica estariam três categorias fundamentais, subdivididas em categorias menores. [...], seriam as de matéria, processos e estados mentais”.

Desta forma se considerarmos que algo é matéria intuitivamente lhe atribuiremos propriedades materiais (peso, massa, tamanho etc.), se, por outro lado, o considerarmos como processo buscaremos compreendê-lo como fato ou acontecimento temporal. Finalmente, se considerarmos que tal coisa é um estado mental lhe atribuiremos propriedades de um objeto com “mente que tem o desejo ou a intenção de fazer alguma coisa” (POZO; CRESPO, 2009, p. 104).

Os supostos conceituais segundo Pozo e Crespo (2009) diferem das teorias cotidianas pela forma como são estruturados. Enquanto as teorias implícitas são baseadas em estruturas conceituais mais simples – em boa medida opostas aos conceitos científicos – as teorias científicas exigem uma mudança não apenas epistemológica ou ontológica, mas uma mudança ou reestruturação de conhecimentos.

Pozo e Crespo (2009) apontam três características que diferenciam as teorias científicas das teorias implícitas: (i) causalidade linear, caracteriza-se pela recorrência a esquemas simplificados para explicar acontecimentos de causa e efeito, adotando um único sentido para sua ocorrência; (ii) transformação sem conservação, pensamento centrado nas mudanças e não nos processos, o que limita a compreensão de princípios de conservação traduzidos em leis que por seu grau de abstração afastam-se dos conhecimentos intuitivos e, (iii) relações qualitativas

frente aos esquemas de quantificação, estabelecidas quando da necessidade de qualificar fatos que não sabemos quantificar. Também é caracterizada pela busca de estabelecer-se relação entre fatos. Quanto ao conhecimento científico este pode ser entendido a partir do uso de três esquemas de quantificação (proporção, probabilidade e correlação).

Pozo et al. (2006) para formular as teorias implícitas que orientam as explicações, juízos e crenças dos professores sobre a aprendizagem, bem como as estratégias utilizadas para ensinar e aprender determinados conceitos em situações específicas, basearam-se em três componentes principais: (i) as condições de aprendizagem, que incluem processos inerentes ao aprendiz como idade, estado de saúde, seu entorno (aspecto sociocultural, materiais etc.), (ii) os processos do aprendiz, que remetem as ações desenvolvidas pelos estudantes para aprender e, (iii) os resultados, que fazem referência ao que se aprende e ao que se pretende aprender.

Desta forma segundo os autores existem três teorias que organizam e mediam a relação que estabelecemos com a aprendizagem, a saber: a teoria direta, a teoria interpretativa e a teoria construtiva.

2.2.1 Teoria direta da aprendizagem

De acordo com Pozo et al. (2006) trata-se da teoria implícita mais básica, está centrada nos resultados ou produtos da aprendizagem, logo não se preocupa com o contexto nem com os processos que afetam quem aprende. A teoria direta está baseada em uma epistemologia realista ingênua de acordo com a qual basta expor quem aprende ao conteúdo que se quer ensinar para garantir a aprendizagem. A aprendizagem por sua vez, é compreendida nessa dinâmica como uma reprodução ou cópia fiel da informação apresentada.

Trata-se, portanto, segundo os autores de um modo inocentemente otimista de pensar a aprendizagem, pois como mencionamos não considera o contexto nem os processos que a viabilizam. Os autores salientam ainda que esta teoria se manifesta fortemente em crianças pequenas que “em uma idade precoce como 3-4 anos, parecem já ter um forte componente realista, segundo o qual nosso conhecimento é uma cópia ou reflexo direto de como as coisas são, e aprender é senão reproduzir aquilo que vemos” (POZO; SCHEUER, 1999 apud POZO; CRESPO, 2009, p. 112).

Nas suas diversas versões, a teoria direta concebe a aprendizagem como produto que pode ser claramente percebido ou identificado pelo professor cuja obtenção ou conquista caracteriza-se pelo tudo ou nada. São partes desiguais que vão sendo somadas resultando em novo aprendizado que não afeta nem ressignifica aprendizados anteriores (POZO et al, 2006).

A teoria direta segundo os autores não apresenta os pressupostos conceituais, pois o foco do processo está nos resultados ou produtos da aprendizagem, apoiando-se, portanto, nos supostos de caráter epistemológicos e ontológicos como descreveremos em seguida.

Quanto ao princípio epistemológico Pozo et al. (2006) afirmam que a teoria direta revela um realismo ingênuo ao assumir que o conhecimento corresponde diretamente e de maneira inequívoca com a realidade observada, os resultados da aprendizagem emergem a partir de um retrato ou cópia fiel dessa realidade ou modelo observado. Ainda, segundo Perry (1970 apud POZO et al. 2006) a teoria direta assume uma concepção dualista do conhecimento na qual este ou será verdadeiro ou falso. Do ponto de vista ontológico Pozo et al. (2006, p. 122) dissertam que a teoria direta concebe a aprendizagem como um estado ou processo desconectado ou “não integrado a um marco temporal mais amplo que o procede e configura”.

Portanto, de acordo com Pozo et al. (2006) a teoria direta aproxima-se vagamente das versões mais ingênuas das teorias comportamentais da aprendizagem, para as quais dadas as condições básicas ao estudante a aprendizagem ocorreria naturalmente. Desta forma, as condições garantiriam os resultados da aprendizagem independentemente de quem, o quê e, como se aprende.

2.2.2 Teoria interpretativa da aprendizagem

Conforme Pozo et al. (2006) a teoria interpretativa é uma evolução da teoria direta, embora haja certas diferenças. Segundo os autores não há uma ruptura entre as teorias, pois ambas compartilham alguns pressupostos epistemológicos. Enquanto a teoria direta tem como fim os resultados ou produtos a teoria interpretativa conecta os resultados, os processos e as condições de aprendizagem de forma linear, concebendo que estas são necessárias para que o estudante aprenda, porém são insuficientes para explicar como essa aprendizagem ocorre.

Tal como na teoria direta os resultados são concebidos como uma cópia fiel da realidade ou dos modelos culturais (POZO et al., 2006) e, portanto, para que haja aprendizagem é necessário gerenciar uma série de processos cognitivos, assim como ensinar consiste em gerenciar externamente esses processos (GARCÍA; POZO, 2017).

Diante disso conforme Pozo et al. (2006) o estudante se constitui como elemento essencial do processo de ensino e aprendizagem. Enquanto este ocorre segundo os autores, algumas distorções indesejáveis podem ser introduzidas – os estudantes não conseguem aprender por falta de atenção – sendo necessário reduzi-las minimamente para que ocorra uma apropriação fiel e estável do objeto de que se deseja aprender.

Pozo et al. (2006) aduzem que em uma das versões embrionárias da teoria interpretativa se concebia a aprendizagem a partir das ações manifestadas pelo estudante, de modo que aprender consistiria em fazer ou praticar repetidamente uma e outra vez aquilo que se está aprendendo, logo aprender não pode ser um tanto imediato, demanda tempo e muito esforço.

Para Pozo et al. (2006, p. 123) “uma autêntica teoria interpretativa requer integrar na explicação da aprendizagem a atividade do aprendiz em termos de processos mentais que gerem, conectem, ampliem e corrijam representações internas [...] ou que regulem as próprias práticas”, assim os produtos da aprendizagem em algumas situações são descritos como acumulação de conhecimentos novos e desconexos, porém com progressiva complexidade uma vez que a teoria interpretativa entra em operação o que implica em inovação e refinamento na utilização dos processos mentais. Segundo Pozo et al. (2006) a partir dos seis anos de idade as crianças põem em prática aspectos da teoria interpretativa para explicar a aprendizagem de áreas significativas.

De acordo com García e Pozo (2017) a teoria interpretativa encontra sua base de sustentação nos pressupostos epistemológicos, ontológicos e conceituais descritos a seguir:

Quanto ao princípio epistemológico revela-se um realismo interpretativo a partir do qual para que haja aprendizagem “se deve gerenciar uma série de processos cognitivos que se forem bem executados asseguram que sejam feitas boas cópias. Ensinar requer gerenciar externamente estes processos” (GARCÍA; POZO, 2017, p. 99). Em contraste com a teoria direta em que tínhamos um dualismo que se apresentava sob a perspectiva de verdadeiro ou falso, na teoria interpretativa de acordo com Pozo et al. (2006) surge a ideia pluralista que se caracteriza pela hipótese de que mesmo que não se atinja o conhecimento verdadeiro sempre existirá conhecimentos mais verdadeiros que outros, caberia a escola fomentar no estudante essa compreensão.

Em relação aos princípios ontológicos Pozo et al. (2006) afirmam que a aprendizagem se apresenta em seu sentido mais básico como um processo que ocorre através do tempo, sua ativação depende de “uma série de processos mediadores que podem ser gerenciados externamente através das estratégias didáticas” (GARCÍA; POZO, 2017, p. 99).

Por fim, com base em Pozo et al. (2006) e García e Pozo (2017) em termos conceituais a teoria interpretativa articula dois componentes básicos da aprendizagem em uma espécie de causalidade múltipla: as condições que atuam sobre as ações e os processos do aprendiz que irão provocar os resultados da aprendizagem.

2.2.3 Teoria construtiva da aprendizagem

Na teoria construtiva segundo Pozo et al. (2006) a aprendizagem implica processos mentais reconstrutivos das próprias representações com respeito ao mundo físico, sociocultural e mental, assim como de autorregulação da própria atividade de aprender. Não está limitada apenas a supor que os processos internos são essenciais para que ocorra a aprendizagem, porém lhes atribui papel transformador.

Dessa forma, nesta teoria os resultados da aprendizagem pressupõem a redescrição da realidade ou do objeto de que trata o ensino, bem como da própria pessoa que aprende, fazendo com que o centro do processo educativo seja o estudante (POZO et al. 2006). Por isso, conforme Pozo et al. (2006) pensar a aprendizagem sob a perspectiva da concepção construtivista implica considerar uma verdadeira mudança nos próprios processos representacionais do estudante principalmente no que tange a forma como ele dá significado ao que aprende. Este processo de reconstrução

passa por uma reestruturação teórica, passando de conceber a aprendizagem como um estado (teoria direta), como um processo (teoria interpretativa) até concebê-la como um sistema (teoria construtiva) e requer estruturas conceituais mais complexas que reorganizem os níveis representacionais anteriores (GARCÍA; POZO, 2017, p. 100).

De acordo com os autores, mudar a prática docente exige refletir sobre a própria prática, exige também explicitar de forma progressiva quais os pressupostos destas teorias implícitas orientam essa prática para que o professor possa distinguir entre implícito/explicito como um contínuo com níveis de explicitação intermediários.

Conceber a aprendizagem de acordo com os pressupostos construtivistas não é pensar que os processos ou conhecimentos prévios dos estudantes sejam suficientes, mas assumir que ambos são frutos de uma construção por meio de processos explícitos (POZO et al., 2006). Tal explicitação é um passo necessário para modificar as concepções implícitas. Porém, a aquisição de novos conhecimentos explícitos “não implica substituir os conhecimentos ou objetos já existentes, mas em multiplicar as atitudes epistêmicas com relação a estes” (GARCÍA; POZO, 2017, p. 101), logo diferentes pessoas podem dar significados diferentes a uma mesma informação (POZO et al., 2006).

Portanto, para Pozo et al. (2006) o que diferencia a teoria construtiva das teorias direta e interpretativa são os pressupostos epistemológicos, assumindo que diferentes pessoas podem dar diversas interpretações a realidade que se apresenta. O conhecimento deste modo pode ter diferentes níveis de incerteza e sua aquisição demanda uma transformação do conteúdo que se aprende, sobretudo de quem aprende. Para os autores essa transformação conduz a novos conhecimentos culturais.

Finalmente conforme Pozo et al. (2006) do ponto de vista ontológico e conceitual, a teoria construtiva está embasada na ideia de aprendizagem como um sistema dinâmico autorregulado que integra as condições aos processos e aos resultados.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

O capítulo referente ao percurso metodológico será estruturado em quatro seções. Na seção 3.1 apresentamos as concepções acerca do estudo de caso; na 3.2 tratamos da análise de conteúdo; na 3.3 descrevemos os instrumentos de coleta de dados utilizados e, na seção 3.4 apresentamos o delineamento da pesquisa, o caminho até a definição dos participantes da pesquisa (Estudos II e III) e a estrutura dos três estudos que compõem o *corpus* desse trabalho.

Com o intuito de responder ainda que parcialmente as nossas questões de pesquisa, adotaremos a metodologia do estudo de caso na perspectiva de Robert Stake (2011). A análise das entrevistas e do questionário de dilemas será realizada a partir da perspectiva da análise de conteúdo de Bardin (2011) e das teorias implícitas de Pozo et al. (2006) respectivamente. Desta forma esta pesquisa insere-se na abordagem da pesquisa qualitativa em educação em ciências.

3.1 Concepções acerca do estudo de caso

Nesta seção apresentamos as concepções acerca do estudo de caso na perspectiva de Robert Stake (2011) e faremos uma sucinta discussão acerca da abordagem metodológica da pesquisa qualitativa em ciências e educação utilizada nesse trabalho.

3.1.1 A pesquisa qualitativa

Para Bogdan e Biklen (1994, p. 16) “a investigação qualitativa em educação assume muitas formas e é conduzida em múltiplos contextos”. Segundo os autores a terminologia investigação qualitativa só foi usada nas ciências sociais a partir do final dos anos sessenta e tem suas origens na antropologia e sociologia cujo enfoque era os estudos sociais e culturais.

Para Stake (2011, p. 30) qualitativa significa que seu raciocínio está baseado essencialmente na percepção e na capacidade de compreensão humana. Assim “[...] o próprio pesquisador é um instrumento ao observar ações e contextos [...], ao desempenhar intencionalmente uma função subjetiva no estudo, utilizando sua experiência pessoal em fazer interpretações”.

3.1.2 Estudo de caso

Gil (2010, p. 37) ressalta que o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo

de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos considerados”. O autor destaca ainda uma característica importante do estudo de caso ao afirmar que de modo geral seus resultados não são fechados, ou seja, não são apresentados de forma concludente e sim na condição de hipóteses.

Para o autor, a clara necessidade de utilização do estudo de caso emerge do desejo de compreender situações e fenômenos sociais complexos onde se busca preservar as características dos fatos em seu contexto de vida real. O caso pode ser uma criança, um grupo de estudantes, um professor, um programa inovador, “ou um determinado movimento de profissionais que estudam alguma situação da infância”. Assim, o caso é um dentre vários e, portanto, pretende-se compreendê-lo tanto “pelo que tem de único como pelo que tem de comum” (STAKE, 1999, p. 15).

Stake (1999) distingue três tipos de estudos de caso com base nas suas finalidades: (i) o estudo de caso intrínseco, caracteriza-se pelo fato de que “o caso já vem dado” (STAKE, 1999, p. 16), trata-se de um caso particular em que não há o objetivo de adquirir aprendizagens sobre outros casos ou situações problema mais gerais, (ii) o estudo de caso instrumental tem como finalidade a compreensão de algo mais amplo, podendo servir para produção de “insights sobre um assunto ou para contestar uma generalização amplamente aceita, apresentando um caso que nela não se encaixa” (ALVES-MAZZOTI, 2006, p. 642) e, (iii) o estudo de caso coletivo é definido como o estudo de um conjunto de casos com o objetivo de investigar um fenômeno, “pondendo ser visto como um estudo instrumental estendido a vários casos. Os casos individuais que se incluem no conjunto estudado podem ser ou não selecionados por manifestar uma característica comum” (ALVES-MAZZOTI, 2006, p. 642). Tendo em vista o objetivo desta pesquisa, bem como as concepções de estudo de caso propostas por Stake (1999) adotamos para a elaboração deste trabalho o estudo de caso coletivo.

3.2 A análise de conteúdo

Como suporte à análise dos dados obtidos a partir do Estudo II, recorreremos à estratégia da análise por categorias temáticas proposta por Bardin (2011). De acordo com a autora esta operação consiste em classificar os elementos que constituem um determinado conjunto de dados por reagrupamento utilizando critérios previamente definidos. Os critérios de categorização segundo Bardin (2011) podem ser por razões semânticas (categorias temáticas),

sintáticas, léxicas ou expressivas, sendo a primeira considerada pela a autora como uma técnica rápida e eficaz para a análise de conteúdos textuais.

As categorias podem surgir segundo Bardin (2011, p. 149) por meio de dois processos inversos: (i) o sistema de categorias é fornecido “e repartem-se da melhor maneira possível os elementos à medida que vão sendo encontrados”, procedimento por “caixas” e, (ii) o sistema de categorias surge a partir da “classificação analógica e progressiva dos elementos”, procedimento por “acervo”.

Para auxiliar no trabalho de análise que deve iniciar com a preparação dos dados indo até a etapa de inferência adotamos os passos propostos por Bardin (2011). De acordo com a autora as fases da análise de conteúdo são organizadas em função de três polos cronológicos, a saber: (1) a pré-análise; (2) a exploração do material e, (3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

3.2.1 A pré-análise

Esta fase que corresponde ao primeiro polo cronológico proposto por Bardin (2011) é a etapa de organização dos dados e tem como objetivo operacionalizar e sistematizar as ideias prévias que levarão a elaboração do processo de análise.

Bardin (2011) sugere cinco atividades para execução dessa fase: (i) leitura flutuante: onde se estabelece o primeiro contato com os documentos ou textos a analisar; (ii) escolha dos documentos: identificação dos documentos que poderão fornecer informações acerca das questões de pesquisa; (iii) formulação das hipóteses e dos objetivos; (iv) referenciação dos índices e a elaboração de indicadores: menção explícita de um tema em uma mensagem, dados em função das hipóteses e, (v) preparação do material: composição do corpus da pesquisa (transcrições das entrevistas, gravações conservadas, anotações das respostas de questões abertas em fichas).

Na etapa de preparação do material fizemos a transcrição das entrevistas na íntegra, para em seguida proceder a elaboração dos indicadores a partir da referenciação dos índices (exemplo de índice: atividade em grupo, falta de base etc.). Como hipótese sugerimos uma possível divergência entre os dados levantados a partir da observação em sala e do questionário de dilemas respondido pelos professores, assim adotamos o que Bardin (2011) denomina de procedimentos fechados, onde os elementos do texto foram classificados em função de critérios internos. Salientamos que nossa hipótese se confirmou ao término da análise das entrevistas.

3.2.2 A exploração do material

De acordo com Bardin (2011) a mais longa e fatigante do trabalho de análise. Consiste prioritariamente em codificar, decompor ou enumerar os dados organizando-os em unidades de análise. Para autora, se na pré-análise as operações forem adequadamente executadas a análise propriamente dita consistirá em aplicar as decisões tomadas. Nesta fase ocorrem as etapas de codificação e categorização como forma de tratamento dos dados brutos que permitirá obter uma representação do conteúdo fornecendo ao analista características do texto.

Bardin (2011, p. 133) propõe que “a organização da codificação compreenda três escolhas: (1) o recorte: escolha das unidades; (2) a enumeração: escolha das regras de contagem; (3) a classificação e, a agregação: escolha das categorias”. Para Bardin (2011) a codificação resulta na organização e classificação dos elementos de um conjunto. Assim, a codificação conduz à construção de categorias ou classes que por sua vez permitirão agrupar os elementos ou unidades de registro em função de características comuns entre eles.

A partir da elaboração dos índices na etapa de pré-análise procedemos a etapa de codificação onde foram definidas as unidades de registro que compuseram as subcategorias de análise, tendo em que categorias foram elaboradas a *priori* em virtude do questionário de dilemas. O texto das entrevistas ou dados brutos foi transformado em unidades temáticas suscetíveis de nos esclarecer características do seu conteúdo, para em seguida ser agregado em categorias temáticas, tendo como base a presença como regra de agregação.

A categorização Bardin (2011) ocorre por operações onde os textos são desmembrados em unidades segundo reagrupamentos analógicos e consiste em um processo estruturalista composto de duas etapas: (i) o inventário – os elementos são isolados e, (ii) a classificação – quando se impõe certa organização às mensagens. A autora cita como uma das principais possibilidades de categorização a análise temática, eficaz para a análise de discursos diretos.

Nesta etapa da análise adotamos o critério de categorização por razões semânticas e o procedimento de categorias por “caixas” que segundo Bardin (2011, p. 149) o sistema de categorias é fornecido “e repartem-se da melhor maneira possível os elementos à medida que vão sendo encontrados”.

3.2.3 O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação

De acordo Bardin (2011) nessa fase da análise os dados obtidos são tratados de forma a oferecerem resultados fiéis, válidos e significativos. Sendo assim, este também consiste no

momento de propor inferências de modo que as interpretações estejam articuladas com os objetivos a que se propõe a pesquisa. As inferências têm como propósito responder a alguns questionamentos como: “o que levou a determinado enunciado? Este aspecto diz respeito às causas ou antecedentes da mensagem, quais as consequências que determinado enunciado vai provavelmente provocar? Isto refere-se aos possíveis efeitos das mensagens?” (BARDIN, 2011, p. 45).

Bardin (2011) disserta ainda que a análise de conteúdo pode centrar-se, ou remeter-se ou apoiar-se nos elementos constitutivos da comunicação: a mensagem com seu suporte ou canal; o emissor ou produtor da mensagem, este pode ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos e o receptor (um indivíduo, um grupo de indivíduos ou uma massa de indivíduos).

De acordo com Bardin (2011) toda e qualquer análise de conteúdo só será possível a partir da mensagem. Portanto, a mensagem segundo a autora constitui o material, o ponto de partida e o indicador para a realização da análise. São os significados que a mensagem oferece que possibilitam a realização da análise.

A análise de conteúdo proposta por Bardin (2011) constituir-se-á como referencial para fundamentar e sistematizar a análise dos dados referentes ao Estudo II. Além disso, para a categorização temática recorreremos a algumas das temáticas propostas por García, Sanz e Vilanova (2014).

3.3 A obtenção dos dados e os instrumentos de coleta

Os estudos de caso requerem do pesquisador a utilização de diversas técnicas de coleta de dados, “isto é importante para garantir a profundidade necessária ao estudo e a inserção do caso em seu contexto, bem como para conferir maior credibilidade aos resultados” (GIL, 2010, p. 119). Stake (1999) por sua vez, pondera que o desenvolvimento de estudos de caso fornecerá uma visão holística do fenômeno estudado se forem utilizadas múltiplas fontes para a coleta dos dados. A utilização de fontes documentais, entrevistas e observações irão conferir maior rigor aos estudos de caso (GIL, 2010). Os instrumentos para coleta de dados utilizados nesta pesquisa foram à entrevista, o questionário de dilemas e a observação participante.

3.3.1 O pesquisador e a observação como instrumento de pesquisa

Para Stake (1999) não existe um momento definido para a coleta dos dados, o conhecimento de outros casos, as primeiras impressões no ambiente de observação mesmo que

de maneira informal proporcionam dados que poderão com o desenvolvimento do caso ser utilizados pelo pesquisador. “Uma das qualidades principais do investigador qualitativo é a experiência. [...] a experiência do hábito da observação e reflexão [...]” (STAKE, 1999, p. 51). O autor ainda salienta que as observações levam o pesquisador a uma compreensão mais elaborado do caso.

Para Marconi e Lakatos (2010, p. 177) na observação participante que “consiste na participação real do pesquisador na comunidade ou grupo. Ele se incorpora ao grupo, confunde-se com ele. Fica tão próximo quanto um membro do grupo que está estudando e participa das atividades normais deste”. Ainda, em relação à observação participante Severino (2007, p. 120) reporta que

O pesquisador coloca-se numa postura de identificação com os pesquisados. Passa a interagir com eles em todas as situações, acompanhando todas as ações praticadas pelos sujeitos. Observando as manifestações dos sujeitos e as situações vividas, vai registrando descritivamente todos os elementos observados bem como as análises e considerações que fizer ao longo dessa participação.

Consoante ao exposto podemos caracterizar nosso trabalho como pesquisa de campo que consiste em abordar o objeto ou fonte de informação em seu ambiente próprio. Conforme Severino (2007, p. 123) “na pesquisa de campo, o objeto/fonte é abordado em seu meio ambiente próprio. A coleta dos dados é feita nas condições naturais em que os fenômenos ocorrem, sendo assim diretamente observados, sem intervenção ou manuseio por parte do pesquisador”.

Nessa etapa pesquisa acompanhamos o cotidiano de três professores em sala por aproximadamente 80 horas/aula (carga horária total) observando e registrando no diário de campo e no guia de observação elementos da atividade docente desses professores no desenvolvimento das suas atividades pedagógicas com os estudantes.

3.3.2 Entrevistas com os professores

Segundo Stake (1999, p. 63) muito daquilo que pessoalmente não conseguimos observar mesmo com toda experiência como investigadores outros o fizeram ou estão fazendo. “Nem todos verão o caso da mesma forma. Os investigadores qualitativos se orgulham de descobrir e refletir as múltiplas visões do caso. A entrevista é a causa principal para chegar as múltiplas visões do caso”. A entrevista consiste num diálogo entre duas pessoas com o objetivo de se obter informações sobre determinado assunto e será efetiva por meio de uma conversação de natureza profissional.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010, p. 178) “a entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informação a respeito de determinado assunto, [...]. É um procedimento utilizado na investigação social, para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social”. Trata-se, portanto, de uma técnica de coleta de dados em que as informações são solicitadas diretamente aos entrevistados.

No entanto, Ruiz (2002, p. 51) adverte acerca de dois cuidados importantes que devem ser tomados quando o pesquisador decide por utilizar esta técnica “não só os quesitos da pesquisa devem ser muito bem elaborados, mas também o informante deve ser criteriosamente selecionado”. O autor ressalta a importância de se elaborar um bom questionário com perguntas ordenadas e não dicotômicas, bem como a definição prévia de critérios rigorosos para a escolha das fontes a serem entrevistadas tendo em vista o não comprometimento do resultado da pesquisa.

Foram realizadas três entrevistas semiestruturadas de aproximadamente 50 minutos cada. As entrevistas foram gravadas com autorização dos professores para posterior transcrição e análise. No apêndice A apresentamos o roteiro da entrevista semiestruturada realizada com três professores de Física de três escolas de ensino médio – em três municípios diferentes – da rede pública de ensino do estado do Ceará que participaram desta pesquisa, a saber: duas escolas de educação técnica profissionalizante e uma escola de ensino médio regular.

3.3.3 O questionário de dilemas

O questionário de dilemas segundo García e Pozo (2017) tem como objetivo acessar os níveis mais implícitos das representações mentais dos professores sobre sua atividade docente, assim como evitar que os participantes da pesquisa o respondam conforme o discurso oficial. De acordo com Pozo et al. (2006) o questionário de dilemas consiste na apresentação de dilemas ou situações conflitantes comuns ao ambiente educacional, sobre as quais se apresentam três alternativas – os participantes devem escolher apenas uma – sendo cada uma delas correspondente a uma teoria implícita (seção 2.2).

A elaboração do questionário de dilemas baseou-se em García e Pozo (2017) e García, Sanz e Vilanova (2014) e busca compreender as teorias implícitas que orientam a prática docente dos professores entrevistados quanto a utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física. O questionário consta de dez dilemas inseridos em duas temáticas a saber: (i) o objeto de ensino e, (ii) a metodologia da aprendizagem cooperativa.

Cada dilema apresenta três opções de resposta, onde o professor deve optar por uma. As temáticas avaliadas e suas respectivas categorias constam no Quadro 6.

Quadro 6 – Identificação da temática avaliada, categorias e o número dos dilemas

Temática	Categorias	Dilemas
O objeto de ensino	Situação de ensino e aprendizagem de Física: apresentação do objeto de ensino.	1, 2, 3 e 4
A metodologia da aprendizagem cooperativa	Estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa	5 e 8
	Estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão	6 e 7
	Estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula	9
	Estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem	10

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para a validação do questionário de dilemas aplicamo-lo a um grupo de vinte e dois professores do ensino médio de uma escola da rede pública de ensino do Ceará, que não fizeram parte da amostra pesquisada – o grupo de docentes era composto por professores das quatro áreas do conhecimento. O questionário mostrou-se consistente visto que não verificamos itens com respostas dúbias, bem como possíveis dúvidas em relação aos mesmos. No apêndice C apresentamos o questionário de dilemas utilizado nesta pesquisa.

3.4 Delineamento da Pesquisa

Como mencionado anteriormente, esta pesquisa caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e segue as diretrizes de um estudo de caso na perspectiva de Stake (1999). Para tanto adotamos o estudo de caso instrumental sob a orientação do estudo de caso coletivo em virtude de tratar-se de um estudo singular delimitado por unidades ou partes integradas (STAKE, 1999).

A estrutura desta pesquisa compreende três estudos: Estudo I, diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física, o Estudo II, escuta e observação da prática pedagógica de três professores de Física de três escolas públicas de ensino médio profissionalizante e ensino médio regular do estado do Ceará viabilizado a partir da análise de entrevista, observações de campo e aplicação de um questionário de dilemas e, o Estudo III, que consistiu na aplicação e avaliação de uma proposta de intervenção pedagógica sobre as Leis da Termodinâmica por um dos professores participantes do Estudo II como forma de contribuir com sua formação permanente no que

concerne a implementação de atividades elaboradas seguindo os supostos da metodologia da aprendizagem cooperativa em suas aulas.

3.4.1 Estudo I: Diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física

A revisão parcial da literatura objetivou situar o nosso trabalho no âmbito das pesquisas acadêmicas nacionais a cerca da metodologia da aprendizagem cooperativa, bem como elaborar um diagnóstico das produções brasileiras sobre temática aplicada no ensino do componente curricular Física.

O levantamento bibliográfico ocorreu, entre os meses de setembro e novembro de 2018 considerando o período de 2009 a 2018. Foi realizada uma busca sistemática em periódicos nacionais da área de ensino, trabalhos acadêmicos de conclusão de curso de Pós-Graduação *strictu sensu*, anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). A sistemática de busca ocorreu em cinco etapas.

Iniciamos a primeira etapa, buscando por publicações sobre a temática em periódicos nacionais avaliados pelo programa Qualis da Coordenação de Capacitação de Pessoal de Nível Superior (Capes), com classificação A1, A2, B1, B2 e B3, pertencentes a área 46 (Ensino) tendo por base o quadriênio 2013-2016. Considerando a estratificação para classificação dos periódicos mencionada, no período da busca a área 46 possuía 1875 periódicos avaliados. Na Tabela 1 indicamos os estratos avaliados e a quantidade periódicos em cada estrato.

Tabela 1 – Área de avaliação, estrato avaliado e quantidade de periódicos

Área	Estrato	Quantidade
46 (Ensino)	A1	145
	A2	198
	B1	367
	B2	646
	B3	519
Total de periódicos		1875

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019

Foram selecionados os periódicos que contivessem em seus títulos os descritores “Ensino”, “Enseñanza”, “Educação”, “Educar”, “Educación”, “Educativa”, “Física” e “Ciências”. Obtivemos assim, 175 periódicos, que tiveram seus sítios visitados. Neles,

buscamos por publicações que contivessem em seus títulos, resumos, texto completo, ou palavras-chave, expressões que fizessem referência à aprendizagem cooperativa, tais como “cooperativa” ou “cooperativo” associados aos termos “aprendizagem”, “aprendizaje”, “método”, “trabalho” ou “jogo”.

Buscamos também por termos correlatos que nos reportassem à metodologia tais como “Jigsaw¹”, “STAD²” (*Student-Teams Achievement Division*), “TGT³” (*Teams-Games-Tourment*), “Cabeças Numeradas”, “Graffiti Cooperativo”, “Controvérsia Criativa”, “TBL⁴” (*Team-Based Learning*) e “*Learning Together*” ou “Aprendendo Juntos”.

Ressaltamos que foram consideradas apenas as pesquisas realizadas no ensino presencial na modalidade regular (educação básica ou ensino superior), portanto, não levamos em consideração as publicações que tratavam da educação à distância, educação de jovens e adultos, educação no campo etc.

Na segunda etapa buscamos pelas produções acadêmicas dos programas de mestrado e doutorado de instituições de ensino superior brasileiras públicas e privadas na área ensino. De acordo com a Plataforma Sucupira, no período da busca a área de avaliação “ensino” possuía 111 instituições, 173 programas e 208 cursos de Pós-Graduação avaliados. Para a busca das produções utilizamos o recurso de busca da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD⁵) que no período do levantamento mantinha conexão com o banco de dados de 114 instituições de ensino superior brasileiras, contando com um acervo de 408.274 dissertações e 151.837 teses. Foram utilizados os mesmos descritores mencionados na primeira etapa.

Quanto a terceira etapa, esta consistiu na análise das atas e resumos das edições do SNEF (Edições 2009 a 2017), ENPEC (Edições 2009 a 2017) e EPEF (Edições 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2016, 2018) considerando o recorte de tempo estabelecido a priori. Enfatizamos que quanto ao EPEF e ENPEC não foram identificadas publicações sobre a temática.

Assim foram obtidos noventa e oito artigos de periódicos, trinta e sete dissertações, oito teses, sete trabalhos publicados em ENPEC e uma publicação no SNEF. Destes, trinta e seis artigos, dezoito dissertações, duas teses, sete publicações do ENPEC e uma publicação do SNEF tratavam especificamente do ensino de ciências.

Na quarta etapa os sessenta e quatro trabalhos encontrados tiveram seus títulos e resumos revisados criteriosamente. Foram utilizados para essa etapa os mesmos descritores

¹ Quebra-cabeças ou Grupos de especialistas (LOPES; SILVA, 2009).

² Divisão dos alunos por equipes para o sucesso (PENHA, 2017)

³ Métodos de torneios em equipes (PENHA, 2017).

⁴ Aprendizagem baseada em equipes (Tradução própria).

⁵ <http://bdt.d.ibict.br/vufind/>

mencionados na primeira etapa. Também buscamos por indicativos que nos remetessem ao foco das pesquisas implementadas nesses estudos – estudos teóricos ou propostas de intervenção pedagógica para o Ensino de Física elaboradas tendo em vista os supostos metodológicos da aprendizagem cooperativa.

Além disso, definimos como critério para a seleção das publicações o fato de resultarem de trabalhos desenvolvidos no Brasil. Como resultado obtivemos sete artigos de periódicos, oito dissertações e um trabalho publicado no SNEF, totalizando quinze publicações. Dessa forma quatro artigos de periódico, sendo dois publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, um na Revista Brasileira de Ensino de Física e um na Revista Enseñanza de las Ciencias, foram excluídos da nossa análise por tratarem de pesquisas desenvolvidas no Chile, Argentina e Venezuela respectivamente.

Para a quinta etapa resultaram doze publicações. Nessa etapa fizemos a leitura na íntegra de todas as publicações classificando-as de acordo com as categorias temáticas: (i) construção de arcabouço teórico geral: a aprendizagem cooperativa e suas potencialidades e, (ii) construção de arcabouço teórico específico: métodos colaborativos incorporados à aprendizagem cooperativa, a aprendizagem cooperativa e suas estratégias metodológicas próprias e, a aprendizagem cooperativa apresentada em perspectiva teórica.

Na primeira categoria enquadrámos os trabalhos que objetivaram descrever aspectos da metodologia com aporte conceitual para apoiar as intenções de se efetivar atividades autorreguladas em pequenos grupos, bem como aprofundar principalmente a discussão acerca da temática. Na segunda categoria enquadrámos as publicações com enfoque pedagógico que tratavam da realização de experiências empíricas acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa na sala de aula.

O Estudo I apresenta a seguinte estrutura (i) seleção das fontes para a revisão da literatura; (ii) obtenção das publicações e seu enquadramento nos critérios estabelecidos para a seleção e, (iii) leitura das publicações e sua classificação quanto as categorias temáticas construção de arcabouço teórico geral e construção de arcabouço teórico específico.

3.4.2 Estudo II: Observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física

O Estudo II consistiu em investigar a postura de três professores de Física quanto à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa durante as aulas da disciplina com

estudantes do ensino médio de três escolas públicas do Estado do Ceará. Esse estudo também buscou identificar os obstáculos enfrentados pelos docentes no desenvolvimento de atividades pedagógicas pautadas em estratégias da aprendizagem cooperativa.

Para tanto, iniciamos o Estudo II selecionando as unidades de caso ou unidades de estudo enviando via e-mail (entre os meses de setembro e outubro de 2018) um questionário elaborado a partir do Google Forms⁶ para as vinte Coordenadorias Regionais de Desenvolvimento da Educação (CREDE) do estado e três Superintendências das Escolas Estaduais de Fortaleza (SEFOR). Obtivemos o retorno de dezesseis CREDE e uma SEFOR. Entramos em contato via telefone com as demais instituições, bem como reenviamos o referido questionário, mas não obtivemos resposta.

Com as informações obtidas a partir da análise do primeiro questionário foi possível identificar que do universo de 720 escolas de ensino médio estaduais, 152 haviam participado de momentos de formação acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa, sendo que destas, 115 implementaram a metodologia na sua rotina escolar. Porém, segundo dados do questionário apenas 69 escolas ainda utilizavam esta estratégia didática como metodologia de ensino.

Em seguida, um segundo questionário composto elaborado através do Google Forms⁷ foi enviado também por e-mail às 69 escolas que segundo informações das regionais e superintendências utilizavam a metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didático-pedagógica. O objetivo desse questionário era identificar em quais dessas escolas a metodologia da aprendizagem cooperativa estava sendo efetivamente implementada na sala de aula nas aulas de Física no turno do estudante. Após a análise do questionário selecionamos três escolas tendo como base o critério mencionado acima além da sua localização geográfica por favorecer o deslocamento do pesquisador.

O Estudo II ocorreu entre o segundo semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019. Para realização do Estudo II aplicamos um questionário de dilemas com três professores de Física de três escolas públicas da rede estadual de ensino do Ceará sobre as temáticas: o objeto de ensino e a metodologia da aprendizagem cooperativa a partir do referencial teórico de Pozo et al. (2006). Em seguida acompanhamos o cotidiano dos três professores em sala por aproximadamente 80 horas/aula (carga horária total) observando e registrando no diário de

⁶ Disponível em: <https://docs.google.com/forms/d/1o1rDNNmX63T9j17eT-q4NDEVnmBdrivXOWw7PuR5cwY/edit>

⁷ Disponível em: https://docs.google.com/forms/d/1qjoVPMm1aZnWM_BRE-icg1TRt9229trff2HSDpyGdfY/edit

campo e no guia de observação elementos da prática diária desses professores no desenvolvimento das suas atividades docentes e posterior a observação realizamos uma entrevista semiestruturada com os três professores.

Assim, estruturamos o Estudo II da seguinte forma (i) seleção das três unidades de caso; (ii) aplicação e análise do questionário de dilemas com os professores; (iii) acompanhamento das atividades pedagógicas em sala de aula com os professores e análise das notas de campo e do guia de observação e, (iv) realização e análise de entrevista semiestruturada com os professores.

Como suporte para a análise das entrevistas, utilizamos a proposta da análise de conteúdo de Bardin (2011) tendo em vista a organização dos dados para posterior interpretação. Para apoiar as interpretações das falas dos professores e a análise do questionário de dilemas recorremos ao referencial teórico de Pozo et al. (2006)

3.4.3 Estudo III: Análise da implementação de uma proposta de ensino elaborada a partir dos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa para introduzir conceitos físicos acerca das Leis da Termodinâmica como alternativa ao processo ensino-aprendizagem

O Estudo III foi realizado no segundo semestre de 2019 com um dos três professores que participou do Estudo II e consistiu na aplicação – pelo professor colaborador – e avaliação de uma proposta de intervenção pedagógica sobre a temática, Leis da Termodinâmica elaborada a partir dos supostos metodológicos da aprendizagem cooperativa. O surgimento do Estudo III se deu a partir da constatação de algumas dificuldades apresentadas pelos professores durante a realização do Estudo II quanto a implementação das atividades planejadas para serem aplicadas durante as suas aulas de Física. Constatamos durante o Estudo II que as atividades implementadas pelos professores das escolas pesquisadas apresentavam a estrutura do trabalho em grupo.

A seleção do professor participante do Estudo III se deu após conversa informal com um dos professores de uma das escolas pesquisadas, onde indagamos-lhe acerca da possibilidade de aplicação de uma proposta de ensino estruturada segundo os supostos metodológicos da aprendizagem cooperativa em uma de suas turmas como forma de contribuir para a sua formação, visto que durante a entrevista o mesmo relatou que sua maior dificuldade advinha da falta de formação na metodologia.

Assim, no primeiro semestre de 2019 em cooperação com o professor colaborador, elaboramos uma proposta de ensino cuja temática (Leis da Termodinâmica) estava em

consonância com o seu plano anual de conteúdo, de modo que não houvesse intervenção negativa na rotina da escola.

Para a aplicação da proposta de ensino foram utilizadas seis aulas de cinquenta minutos, bem como os métodos cooperativos Fila Cooperativa, Método dos Pares e Teste Cooperativo, conforme Apêndice D.

O Estudo III apresentou a seguinte forma: (i) elaboração de uma proposta de ensino acerca das Leis da Termodinâmica; (ii) acompanhamento da aplicação da proposta de ensino junto ao professor regente de sala e, (iii) relato do professor acerca das suas impressões quanto a aplicação da proposta de ensino.

3.4.4 Contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada com três professores de Física de três escolas públicas do estado do Ceará conforme descrevemos anteriormente. Os professores foram selecionados a partir de um levantamento realizado junto as CREDE, Sefor e escolas. Utilizaremos as designações Escola A, Escola B e Escola C para nos referirmos a cada unidade de ensino, bem como Professor A, Professor B e Professor C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo apresentamos os resultados obtidos a partir do desenvolvimento dos três estudos propostos, a saber: (i) diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa no Ensino de Física, (ii) observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa no ensino de Física e, (iii) análise da implementação de uma proposta de ensino elaborada a partir dos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa para introduzir conceitos físicos acerca das Leis da Termodinâmica como alternativa ao processo ensino-aprendizagem. A seguir relatamos as etapas da investigação, os principais achados durante cada estudo, bem como a sistemática para análise e interpretação dos dados obtidos, a partir do referencial teórico adotado.

4.1 Estudo I: Diagnóstico da produção acadêmica nacional acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa em Ensino de Física

Nessa seção traçamos um panorama das pesquisas acadêmicas nacionais sobre a temática da metodologia da aprendizagem cooperativa aplicada ao Ensino de Física. Foram analisados doze trabalhos, sendo, três artigos de periódico em três revistas distintas, oito dissertações de seis programas de Pós-Graduação pertencentes a cinco instituições de ensino diferentes e um trabalho publicado no SNEF, conforme ilustram as Tabelas 2, 3 e 4. A análise dos trabalhos seguiu os critérios estabelecidos na seção 3.4.1.

Na Tabela 2 apresentamos a identificação dos periódicos nos quais foram encontrados artigos publicados sobre a temática, a área de avaliação do periódico e a quantidade de trabalhos localizados.

Tabela 2 – Periódicos revisados, área de avaliação e quantidade de trabalhos

Periódico	Área de avaliação	Quantidade
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Ensino	1
Experiências em Ensino de Ciências	Ensino	1
Revista Brasileira de Ensino de Física	Ensino	1
Total de publicações		3

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019

Na Tabela 3 apresentamos as instituições de ensino superior nas quais localizamos

pesquisas sobre a temática, o programa de Pós-Graduação e a quantidade de trabalhos localizada.

Tabela 3 – IES revisadas, programa de Pós-Graduação e quantidade de trabalhos

IES	Programa de Pós-Graduação	Quantidade
UFC	Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática	1
UFC	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	1
UFRGS	Mestrado Acadêmico em Ensino de Física	1
UFS	Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física	1
UFS	Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática	1
UNIPAMPA	Mestrado Profissional em Ensino de Ciências	1
UNIPAMPA	Mestrado em Ensino de Ciências	1
UFV	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	1
Total de Publicações		8

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Na Tabela 4 apresentamos a quantidade de trabalhos publicados no SNEF, o ano de publicação e a edição do evento.

Tabela 4 – Edição do SNEF, ano do evento e quantidade de trabalhos encontrados

Edição do SNEF	Ano	Quantidade
XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física	2017	1
Total de Publicações		1

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A Tabela 5 apresenta os artigos organizados de acordo com o título do artigo, nome do periódico e ano de publicação.

Tabela 5 – Identificação dos periódicos, título dos artigos e ano de publicação

Nº	Periódico e Título do Artigo	Ano
Caderno Brasileiro de Ensino de Física		
1	Aprendizagem baseada em equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o ensino de Física	2016
Experiências em Ensino de Ciências		
2	Uma comparação entre Team-Based Learning e Peer-Instruction e avaliação do potencial motivacional de métodos ativos em turmas de Física do ensino médio	2018
Revista Brasileira de Ensino de Física		
3	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia	2013

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Na Tabela 6 agrupamos as dissertações de acordo com o título do trabalho, programa de Pós-Graduação e o ano de publicação.

Tabela 6 – Identificação dos programas de pós-graduação, título dos trabalhos e ano de publicação

Nº	Programa de Pós-Graduação e Título do Trabalho	Ano
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (UFC)		
4	A aprendizagem cooperativa: uma estratégia para o estudo do eletromagnetismo no ensino médio	2016
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (UFC)		
5	Sequência didática: uso do ensino por investigação e cooperação no ensino de circuitos elétricos na educação básica	2018
Mestrado em ensino de Física (UFRGS)		
6	Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de autoeficácia: um estudo de caso com o método <i>Team-Based Learning</i> em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo	2016
Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física (UFS)		
7	Aprendizagem cooperativa: estudando conceitos físicos de cor e espectro através da astronomia	2018
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (UNIPAMPA)		
8	O ensino de conteúdos sobre o sistema solar com aporte na aprendizagem baseada em equipes e em jogos pedagógicos	2018
Mestrado em Ensino de Ciências (UNIPAMPA)		
9	O ensino de astronomia através de jogos e da aprendizagem baseada em equipes no 9º ano do ensino fundamental	2018
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (UFV)		
10	Aplicação da metodologia do trabalho em grupo cooperativo no ensino de Física	2015
Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (UFS)		
11	Aprendizagem colaborativa: uma análise de atividades em grupo no ensino das leis de Newton	2015

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Na Tabela 7 os trabalhos publicados no SNEF foram organizados de acordo com a edição do evento, o título e o ano de publicação.

Tabela 7 – Edição do SNEF, título do trabalho e ano de publicação

Nº	Edição do SNEF/Título da Publicação	Ano
XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física		
12	Uma proposta didática de ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio usando o método Jigsaw	2017

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A tabela 8, destaca a classificação dos trabalhos encontrados quanto as categorias temáticas, construção de arcabouço teórico específico e construção de arcabouço teórico geral. Para elaboração da Tabela 8 utilizamos os dados das Tabelas 5, 6 e 7. Os números representam a indicação de cada publicação analisada e serão utilizados de agora em diante para nos referirmos aos trabalhos.

Tabela 8 – Classificação das produções quanto ao foco temático

Temática das Pesquisas	Nº do trabalho	Quantidade
Construção de arcabouço teórico específico	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	11
Construção de arcabouço teórico geral	2	1
Total de publicações		12

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Nessa subseção classificamos os trabalhos de acordo com as categorias: construção de arcabouço teórico geral e construção de arcabouço teórico específico.

4.1.1 Construção de arcabouço teórico geral

Conforme mencionamos anteriormente nessa categoria temática adicionamos uma subcategoria denominada: a aprendizagem cooperativa e suas potencialidades.

4.1.1.1 A aprendizagem cooperativa e suas potencialidades

Apenas o trabalho 2 foi enquadrado nessa categoria temática por tratar de uma pesquisa realizada com estudantes do ensino médio com o objetivo de comparar o nível de eficiência do método cooperativo Team-Based Learning com o Peer-Instruction. Apesar dos resultados obtidos não concordarem com a literatura existente sobre a temática, as duas metodologias foram capazes de promover a melhoria da qualidade motivacional dos discentes, tornando-os mais autônomos.

4.1.2 Construção de arcabouço teórico específico

Esta categoria temática será composta por três subcategorias, a saber: (i) métodos colaborativos incorporados à aprendizagem cooperativa, (ii) a aprendizagem cooperativa e suas estratégias metodológicas próprias e, (iii) a aprendizagem cooperativa apresentada em perspectiva teórica.

Os trabalhos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 foram classificados nesta categoria temática, pois tratam da elaboração, implementação em sala de aula e avaliação de propostas de intervenção pedagógica elaboradas seguindo os pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa.

4.1.2.1 Métodos colaborativos incorporados à aprendizagem cooperativa

Foram classificados neste foco temático os trabalhos 6, 8 e 9. O trabalho 6 buscou investigar como o método de ensino ativo TBL pode melhorar a aprendizagem e o desenvolvimento das crenças de autoeficácia no aprendizado de Física. Tais crenças segundo os autores foram influenciadas positivamente pelas atividades desenvolvidas com a metodologia utilizada, sendo o TBL potencializador da aprendizagem conceitual de Física.

O trabalho 8 resultou de uma intervenção pedagógica, em que se buscou por meio de uma sequência didática introduzir jogos pedagógicos para auxiliar no ensino de Astronomia, a partir do método Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL) com estudantes do sexto ano do ensino fundamental. Os autores constaram que o ganho de Hake na aprendizagem dos estudantes foi de 76%.

O trabalho 9 tratou de uma intervenção pedagógica em uma turma de nono ano do Ensino Fundamental para introduzir o ensino de Astronomia integrado ao ensino de Física e Química utilizando o método Aprendizagem Baseada em Equipes. O desempenho dos estudantes foi analisado quantitativamente pelo Ganho de Hake. O resultado obtido segundo os autores indicou um ganho de 83% na aprendizagem dos discentes.

4.1.2.2 A aprendizagem cooperativa e suas estratégias metodológicas próprias

Os trabalhos 3, 4, 5, 7, 10, 12 foram classificados neste foco temático, sendo a estratégia *Jigsaw* elemento central de todos os textos analisados. Dentre eles, o trabalho 4 apresenta a estratégia STAD e o trabalho 9, além de tratar do *Jigsaw*, também faz referência à estratégia Aprendendo Juntos.

O trabalho 4 resultou da aplicação de uma proposta de intervenção pedagógica utilizando o método cooperativo STAD com estudantes da terceira série do ensino médio com vistas a proporcionar aos discentes a compreensão dos conceitos fundamentais do Eletromagnetismo. O STAD segundo o autor se mostrou adequado ao ensino de Física.

Para realizar o trabalho 5 o autor desenvolveu uma sequência didática a partir do método cooperativo Jigsaw e do ensino por investigação para estudar circuitos elétricos. Segundo os autores foi possível perceber uma mudança de postura nos estudantes em relação a disciplina de Física. Além disso, a aprendizagem cooperativa contribuiu significativamente para a instauração de um clima favorável a aprendizagem melhorando as relações interpessoais entre os estudantes.

No trabalho 7 o autor utiliza a metodologia Jigsaw para o desenvolvimento de uma proposta pedagógica com vistas a abordar tópicos de óptica, ondulatória e Física contemporânea com estudantes do ensino médio. O método Jigsaw foi um facilitador da aprendizagem, sendo capaz de envolver os estudantes durante a realização da proposta.

No trabalho 8 o autor buscou avaliar a aplicação do método de grupo cooperativo no processo ensino aprendizagem de Física com o intuito de comparar o desempenho dos estudantes em turmas com e sem metodologia, bem como analisar as percepções dos alunos em relação à metodologia. Para isso foram utilizados os métodos “Aprendendo Juntos”, “Jigsaw” e Painel Integrado. Os resultados obtidos mostram que a utilização desta metodologia traz resultados positivos. Conforme o autor houve melhoria no desempenho dos estudantes em todas as turmas em que a metodologia foi aplicada.

Os trabalhos 3 e 12 resultaram da aplicação do método Jigsaw para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia com estudantes do ensino médio e surgiu de atividades planejadas para a disciplina de Metodologia e Prática de Ensino de Física V, oferecida no quinto semestre de um curso de licenciatura em Física.

4.1.2.3 A aprendizagem cooperativa apresentada em perspectiva teórica

Apenas os trabalhos 1 e 10 foram classificados neste foco temático. O número reduzido de trabalhos pode ser justificado pelo fato de a temática ainda ser pouco explorada por pesquisadores brasileiros. O trabalho 1, traz uma descrição do método Aprendizagem Baseada em Equipes, estratégia segundo os autores amplamente utilizada nas áreas da ciência da saúde e administração, porém, ainda é pouco utilizada no Ensino de Física. Com o TBL busca-se melhorar os resultados da aprendizagem e desenvolver habilidades de trabalho colaborativo tanto na resolução de problemas como em outras situações de ensino. Para os autores é vital que se pluralize as estratégias de ensino como forma de possibilitar aos professores uma transformação da sua prática docente.

Em relação ao trabalho 10, a autora não faz uma distinção clara entre a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem cooperativa. Não obstante, o objetivo deste trabalho é identificar os modos de interação dentro de um Grupo Colaborativo, em atividades sobre as Leis de Newton, bem como perceber a influência da metodologia no desenvolvimento de atitudes colaborativas entre os estudantes em seus respectivos grupos. Os resultados do estudo demonstraram que a metodologia de ensino colaborativa pode ser considerada uma estratégia adequada para ser utilizada no contexto da sala de aula em detrimento do método tradicional.

Tendo em vista os dados obtidos a partir do levantamento bibliográfico percebe-se que as pesquisas realizadas utilizando a metodologia da aprendizagem cooperativa no âmbito nacional ainda são muito escassas. Quando tratamos do ensino de Física esse panorama se mostra ainda mais desafiador, apesar do pioneirismo de pesquisadores e professores da disciplina. Tal constatação pode ser compreendida tendo em vista fatores como à formação inicial e formação permanente dos professores, além da resistência de alguns docentes quanto as metodologias inovadoras (TEODORO, 2011).

Para Torres e Irala (2014) a aprendizagem cooperativa estimula a pensamento crítico, as capacidades de interação e negociação de informações, atitudes imprescindíveis para a resolução de problemas reais favorecendo o processo de ensino-aprendizagem. “Essas formas de ensinar e aprender, segundo seus defensores, tornam os alunos mais responsáveis por sua aprendizagem, levando-os a assimilar conceitos e a construir conhecimentos de uma maneira mais autônoma” (TORRES; IRALA, 2014, p. 61).

Diante do exposto podemos indagar. As aulas puramente expositivas são de fato efetivas para o processo ensino-aprendizagem quando comparadas com outras abordagens que primem pela participação ativa dos estudantes?

4.2 Estudo II: Observação da prática e escuta de professoras/professores do ensino médio quanto às possibilidades e dificuldades na utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa em ensino de Física

Esta seção traz o relato do desenvolvimento do Estudo II realizado com três professores de Física de três escolas públicas de ensino médio do estado do Ceará, que consistiu em investigar: posturas dos professores quanto ao conhecimento e aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física (questionário de dilemas e entrevista) e, posturas dos professores de Física frente aos obstáculos enfrentados quando da aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa nas suas aulas (entrevista e observação).

4.2.1 Etapa I: Análise das verbalizações dos professores a partir das entrevistas

As entrevistas foram realizadas a partir de questões semiestruturadas que abrangeram cinco categorias, saber: (i) situação de ensino e aprendizagem de Física: apresentação do objeto de ensino; (ii) estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa; (iii) estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão; (iv) estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula e, (v) estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem.

Foram realizadas três entrevistas de aproximadamente 50 minutos cada. As entrevistas foram gravadas com autorização dos professores. Posteriormente, na etapa de preparação ou pré-análise (BARDIN, 2011) fizemos a transcrição de todas as entrevistas na íntegra.

Os resultados encontrados advindos da nossa análise serão apresentados a seguir. Adotando a análise de conteúdo de Bardin (2011) como estratégia, enfatizamos que extraímos das transcrições das entrevistas apenas os fragmentos de fala que vieram constituir unidades de análise fundamentais para a subcategorização da temática. Ressaltamos que, segundo Bardin (2011) as categorias podem ser definidas a priori, estratégia adotada neste trabalho.

A análise propriamente dita foi realizada após o cumprimento de todas as etapas metodológicas sugeridas por Bardin (2011) como a pré-análise (leitura flutuante, escolha dos documentos, preparação do material), a exploração do texto e o tratamento dos resultados, inferência e a interpretação.

A partir de então iniciamos a leitura das transcrições das entrevistas com o intuito de identificar potenciais unidades de registro e prosseguirmos à etapa de elaboração de subcategorias tendo em vista que ao realizarmos a coleta de dados já havíamos definido as categorias previamente conforme referido anteriormente. Diante disso, nos reportamos mais uma vez as orientações de Bardin (2011) e Stake (1999) para o tratamento e interpretação dos resultados em articulação com as questões de pesquisa as quais buscaremos dentro do possível respondê-las. Seguem os principais resultados obtidos após a análise das entrevistas com os professores das escolas pesquisadas.

4.2.1.1 Situação de ensino e aprendizagem: apresentação do objeto de ensino

Esta categoria será composta por duas subcategorias: (a) foco do processo no conteúdo como estratégia para transmissão do conhecimento e, (b) aprendizagem centrada na resolução de questões (aprendizagem mecânica).

a) Foco do processo no conteúdo como estratégia para transmissão do conhecimento

A temática apresentada nesta subcategoria está vinculada ao processo de ensino-aprendizagem com foco na exposição do estudante ao conteúdo como estratégia para a aprendizagem de Física. Conforme o referencial teórico de Pozo e Crespo (2009) é impossível ensinar ciências sem dados, porém segundo os autores a mera transmissão dos dados como informação para que os estudantes possam aprendê-los sem um significado, não coaduna com os fins da educação científica.

A análise das entrevistas revelou que os professores buscam pautar suas atividades no conteúdo e na transmissão de informações aos estudantes. Os fragmentos de fala a seguir indicam que de acordo com os entrevistados o causa das dificuldades de aprendizagem da disciplina é o embasamento matemático, não sendo necessário recorrer a implementação de estratégias de ensino que viabilizem novas formas de apresentação do conteúdo, com vistas a participação dos estudantes.

Professor A: *A falta de base dos alunos que eles não tem base, embasamento nenhum e não dominam a parte da matemática aí você explica a parte teórica e quando você vai ter aplicação na... cálculo... eles não conseguem desenvolver [...] (Grifos nossos).*

Professor B: *Eu associo principalmente a dificuldade com a matemática, você vê que eles têm muita dificuldade na base da Matemática. A teoria da Física eles até compreendem, quando a gente explica o que acontece, o fenômeno, porque acontece, bota um exemplo eles entendem. Quando a gente vai pra parte da aplicação da Matemática, das fórmulas aí eles engancham um pouquinho, sentem dificuldade. (Grifos nossos).*

Professor C: *Talvez a base, [...] eles chegam com uma base muito fraca mesmo e a gente faz esse trabalho a todo tempo tentando motivar e, também não deixando aquela aula monótona. O professor tá ali ensinando e o aluno dá aquela resposta já pronta e a gente... eu tento envolver, [...] a gente tenta fazer um trabalho diferente com base nisso. A base é muito fraca, eles chegam com uma defasagem muito alta (Grifos nossos).*

A fala do professor A revela que a maior dificuldade dos estudantes consiste na falta de base matemática. Durante a discussão teórica os estudantes compreendem o que está sendo abordado, porém quando é necessário aplicar a teoria na resolução de questões as dificuldades surgem. O professor A acrescenta ainda a falta de compromisso dos estudantes com a educação “*Eles não têm um plano para o futuro, não têm um projeto. E a dificuldade porque eles não têm um projeto e a maioria está na escola porque alguém da família obriga, mas não porque eles têm um projeto de vida, porque eles querem... querem realmente estudar*”.

Os professores B e C admitem assim como o professor A como principal dificuldade dos estudantes para a compreensão dos fenômenos físicos a falta de base matemática. Segundo eles os estudantes chegam com muitas dificuldades, porém o professor C ressalta que é possível

contornar esse problema motivando os estudantes e tentando envolvê-los nas atividades a partir de um trabalho diferente.

b) Aprendizagem centrada na resolução de questões (aprendizagem mecânica)

A temática aqui está vinculada ao processo de aprendizagem com foco na resolução de questões como estratégia para a aprendizagem de Física. De acordo com o referencial teórico de Pozo e Crespo (2009) a aprendizagem nessa perspectiva se dá por meio da memorização e da repetição, onde o estudante é instigado a elaborar cópias literais das informações com o intuito de interiorizá-la. Esta subcategoria está relacionada as questões da entrevista que buscavam perceber como os professores compreendiam o processo ensino-aprendizagem no contexto de uma escola que adota a metodologia da aprendizagem cooperativa.

Professor C: A gente... tive a oportunidade de aplicar você percebeu, não sigo em todas as aulas depende muito se o conteúdo for novo então eu tenho que fazer um embasamento antes pra depois cair na resolução de questões aí divido a sala. (Grifos nossos).

Professor C: [...] quando eu tô em conteúdo novo ... eu faço uma abordagem mais resumida do conteúdo, aí nessa abordagem eu começo trabalhando com questões. Dou a teoria, trabalho com a questão e aí eu abro espaço, geralmente eu começo resolvendo as questões, explicando alguma coisa e a gente abre um espaço para que tenha a participação dos alunos (Grifos nossos).

Professor C: [...] mas quando você distribui tarefas e aquele método que eu fiz de eles terem apenas direito de apenas duas dúvidas força eles a pensarem mais, foram onze questões se eu abrisse para onze perguntas eu taria respondendo as onze aí não era interessante, isso aí causa um envolvimento muito grande no aluno (Grifos nossos).

Professor C: E eu faço essa aula mais dinâmica, dou o conteúdo, começo a trabalhar questões e aí eu começo a envolver eles nas questões. Geralmente as primeiras eu resolvo, a gente trabalha junto aí depois eu faço essa relação entre aluno e professor, divido em grupo e tudo mais e crio essa relação (Grifos nossos).

Para o professor A a aquisição do conhecimento pelos estudantes pode ser viabilizada a partir da observação dos fenômenos físicos que ocorrem a seu redor. O professor A, ressalta a importância de incentivar os estudantes a estarem atentos as situações do cotidiano para perceberem como as temáticas discutidas em sala de aula estão presentes no contexto deles.

O professor C em sua fala revela que para a construção dos modelos mentais é necessário trabalhar a teoria física atrelada à resolução de questões “dou a teoria, trabalho com a questão [...] geralmente eu começo resolvendo as questões”, porém ressalta a abertura de espaço para a discussão dos estudantes durante as explanações.

Conforme afirmam Pozo e Crespo (2009) a aquisição dos conteúdos procedimentais pode iniciar com a obtenção do conhecimento técnico ou de rotinas automatizadas a partir da

aplicação de exercícios e indo até a utilização de forma estratégica das técnicas adquiridas em novas situações para resolver problemas. Os autores dissertam ainda que as técnicas consistem em um processo de automatização através do estabelecimento de rotinas motoras, que geralmente não são controladas pelo estudante, o controle é exercido por alguém externo.

As estratégias por sua vez envolvem planejamento, tomada de decisão quanto ao caminho que se deve seguir. Portanto, as estratégias convergem para utilização intencional das técnicas com o fim de se alcançar objetivos determinados (POZO; CRESPO, 2009).

4.2.1.2 Estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa

Para esta categoria a leitura das entrevistas nos permitiu a elaboração de duas subcategorias. São elas: (a) atividade em grupo; (b) benefícios da aprendizagem cooperativa, as quais discutiremos a seguir.

a) Atividade em Grupo

Conforme Lopes e Silva (2009) para que haja cooperação é preciso estruturar a comunicação, o diálogo, e a participação equitativa entre os estudantes, por isso dispor os estudantes em grupos e solicitar que trabalhem juntos não é desenvolver uma atividade cooperativa. Porém, as observações revelaram que para os professores entrevistados a cooperação consiste em organizar os estudantes em equipes com a supervisão de um monitor para auxiliar os demais no cumprimento das atividades.

Professor B. [...] *quando a gente coloca o aluno mesmo pra ser protagonista, não é, assim quando ele, quando eles aprendem com eles mesmos uns com os outros em equipe trabalhando atividades, trabalhando um aluno... por exemplo os monitores. A disciplina tem seis monitores, quando a gente termina um assunto que marca uma avaliação eles mesmos pedem pra fazer uma revisão, a gente pode fazer uma revisão com a turma ah, eles gostam muito disso. Eles mesmos dizem não, eu entendo melhor com o monitor do que com o professor muitas vezes (Grifos nossos).*

Professor C: [...] *a professora M ela tem um projeto aqui onde ela escolhe monitores os que tem mais facilidade nessas áreas, aí ficam liderando a sala, o professor passa uma atividade eles podem ficar circulando ajudando os outros e funciona muito isso. Aquela aula que tu participou agora, dei o exemplo sobre resistores você viu que os que tinham mais facilidade se levantavam já iam pra outra cadeira ajudando (Grifos nossos).*

Professor C: *Não como eu te falei é mais aquela coisa... eu gosto dessa coisa dinâmica né envolver dividir por grupo. Sempre pego um aluno que tem facilidade na minha disciplina. Acho que tu acompanhou, eu sempre pego quem tem maior facilidade na disciplina pra poder liderar a... a... aula naquele momento (Grifos nossos).*

A fala do professor B evidencia um elemento frequente em todas as etapas da observação, a ideia do estudante que sabe mais assumir papel central no processo sendo-lhe outorgado poderes para atuar junto aos demais da turma. Dessa forma, o que seria aprendizagem fundamentada nos pressupostos da aprendizagem cooperativa converge para a metodologia convencional, sendo as atividades “cooperativas” caracterizadas como trabalho em grupo. Esse ponto de vista também é revelado na fala do professor C ambos ressaltam a ideia de utilização de alunos monitores para auxiliar no desenvolvimento das atividades.

Para Lopes e Silva (2009, p. 15) “pôr os alunos a trabalhar em grupo para aprenderem não é o mesmo que estruturar a cooperação entre os alunos”. De acordo com Johnson, Johnson e Holubec (1999) as atividades planejadas para serem executadas com base na aprendizagem cooperativa devem conter cinco elementos básicos em sua estrutura: a interdependência positiva; a responsabilidade individual, interação face a face, as habilidades sociais e processamento de grupo.

b) Benefícios da aprendizagem cooperativa

Tendo em vista o referencial teórico de Johnson, Johnson e Holubec (1999) para o qual a aprendizagem cooperativa pode ser utilizada com sucesso em qualquer disciplina ou modalidade de ensino e seu uso acarreta benefícios psicológicos, acadêmicos e sociais aos estudantes. Nesta subcategoria buscamos identificar a partir das verbalizações dos professores suas percepções acerca dos benefícios da aprendizagem cooperativa como estratégia de ensino pautada nos pressupostos da interdependência positiva, no compromisso mútuo dos estudantes, na responsabilidade individual, na interação aluno-aluno e nas competências sociais.

Professor A: É desenvolver a parte assim, *pra ajudar o colega é, e também a responsabilidade principalmente*, por que quando você passa uma atividade na aprendizagem cooperativa cada um é *recebe uma função*, ele tem que cumprir aquela função então *ele vai ficar um aluno responsável*, um aluno que pode ajudar o outro, ele vai ter condições de ajudar ele não vai ter o conhecimento só pra ele, aquela coisa competitiva que só eu quero ser o melhor [...] e ele vai se tornar uma pessoa mais humana (Grifos nossos).

Professor A: [...] um aluno quando ele *passa o conhecimento dele pro outro colega então não precisa ser só o professor* e porque as vezes o professor explica e da forma que ele explica o aluno não entende *mas se o colega explicar ele vai entender*, então facilita nisso por que um vai *repassando pro outro o que ele entendeu*, então *ele vai aprender mais rápido*, por que um repassa pro outro (Grifos nossos).

Professor B: Seria mais *uma maneira de atingir o máximo de alunos*, né porque você vê que são quarenta meninos, *cada um tem sua individualidade*, cada um tem sua maneira de aprender, um aprender mais rápido, um demora muito pra aprender mais do que os outros. Uns aprendem mais com explicação [...], outro aprende quando vai fazer atividade [...] (Grifos nossos).

Professor C: [...] *é deixar o aluno protagonista e vai muito de encontro, quando você proporciona isso para o aluno de ele liderar de conversar de interagir com outras pessoas da sala mesmo ou de outra sala também a gente desperta isso no aluno, é... é... ser protagonista não depender apenas do professor é [...](Grifos nossos).*

Professor C: Na sala de aula acho que desenvolver o senso crítico, melhora muito na interpretação das questões [...] e fora da sala a relação interpessoal, pessoa com pessoa melhora na relação, o respeito, [...] a gente prepara não só pro mercado, [...], *a gente prepara pro mercado mas também tem que preparar pra vida social da pessoa, então primeiro em sala de aula permite isso o senso crítico, pensar, o desenvolver o correr atrás da solução e fora a gente permite essa relação interpessoal, facilita bastante. [...]* (Grifos nossos).

Para o professor A, quando o estudante assume a função que lhe é atribuída e a executa, torna-se um aluno responsável. Este aluno vai se tornar uma pessoa mais humana, isso vai contribuir para a sua aprendizagem e principalmente para aprendizagem dos colegas. O professor A também disserta que um dos benefícios da aprendizagem cooperativa é tornar o estudante independente, novamente ressalta a ideia de que o estudante não precisa do professor para aprender. Segundo o professor A isso seria possível a partir dos grupos de estudo fora da escola. O professor A enfatiza a importância do compartilhamento do conhecimento entre os estudantes como elemento potencializador da aprendizagem destacando de forma implícita a necessidade de se gerar uma interdependência positiva. Quando os estudantes têm a oportunidade de cooperar aprendem mais rápido, bem como em determinadas situações é possível que compreendam determinado contexto melhor com a exposição do colega que com o professor, ressalta o professor A.

O professor B particularmente fala da necessidade de desenvolver nos estudantes a capacidade de trabalhar em equipe, ele se reporta a uma aparente dificuldade enfrentada em uma de suas turmas quanto a resistência de alguns estudantes para realizarem atividades em equipe dando preferência ao trabalho individual. Ainda, o professor B posiciona-se frente a temática enfatizando a dificuldade e a necessidade de atender as individualidades em relação aos diferentes modos e ritmos de aprendizagem, porém sob seu ponto de vista a aprendizagem cooperativa mostra-se como recurso promissor para atingir o máximo de alunos possível.

O professor C relata como ponto positivo a melhora das relações interpessoais inclusive fora da escola corroborando o pensamento do professor A. O professor C acrescenta ainda que dentre os papéis da escola está o de preparar para a vida social. De acordo com o professor C quando se proporciona ao estudante a oportunidade de liderar, de interagir, de conversar entre si acerca do que se pretende aprender favorece-se o protagonismo estudantil.

De acordo com Cohen e Lotan (2017, p. 96) “a proximidade física, o contato olho a olho e uma sensação de familiaridade facilitam a escuta e a fala”. Para as autoras atividades

cooperativas são ferramentas excelentes para o aperfeiçoamento da linguagem e o desenvolvimento de habilidades de comunicação oral. Pois, permite que os estudantes decidam a forma como irão realizar as atividades possibilita a socialização e o desenvolvimento político, pois os alunos terão maior controle sobre o ambiente tornando-se cidadãos ativos.

Para Coll (1984) e Monereo e Gisbert (2005) o processo de socialização em geral leva a aquisição de competências e habilidades sociais, ao controle dos impulsos agressivos, melhora o nível de adaptação às normas estabelecidas, reduz o egocentrismo, a relativização progressiva do ponto de vista próprio, o nível de aspiração e conseqüentemente o rendimento escolar.

Por isso permitir que os estudantes trabalhem juntos, tomem suas próprias decisões, “em vez de dizer a eles exatamente o que fazer, terá um efeito social e político desejável. Os alunos terão uma sensação de maior controle sobre seu ambiente e aprenderão a ser cidadãos ativos” (SHARAN; SHARAN, 1976 apud COHEN; LOTAN, 2017, p. 19). As autoras acrescentam ainda que as atividades cooperativas são ferramentas excelentes para o aperfeiçoamento da linguagem e o desenvolvimento de habilidades de comunicação oral.

4.2.1.3 Estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão

Após a transcrição e leitura cuidadosa das entrevistas definimos quatro subcategorias que comporão a discussão desta subseção. São elas: (a) incentivo à participação do estudante; (b) elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (interação face a face); (c) estratégias da aprendizagem cooperativa e, (d) o professor como mediador do processo ensino-aprendizagem.

a) Incentivo à participação do estudante

Durante as entrevistas buscamos identificar as estratégias viabilizadas pelos professores que lhes permitissem a criação de espaços de discussão e interação entre os estudantes como forma de favorecer o compartilhamento de informações entres os pares e a construção das aprendizagens.

Professor A: Eu procuro sempre *incentivar os alunos é... mostrando o conteúdo que vai ser cobrado, o que eles precisam saber e mostrando assim uma forma pra eles fazerem pesquisa, assistir vídeo aula, fazer prática em casa mesmo e principalmente que eles precisam estudar sozinhos* porque o tempo pedagógico da sala de aula não é suficiente pra ele aprender [...], eu fico sempre procurando incentivar [...] mostrando a importância da Física na vida deles e onde podem chegar se eles continuarem estudando (Grifos nossos).

Professor B: Pronto eu... *geralmente eu costumo perguntar pra eu... a participação deles né, até mesmo daqueles que eu vejo que não estão muito ligados na aula, levanta pergunta, alguma coisa*

que eu acabei de falar né pra ver pra chamar atenção. E aí nesse momento surge também a participação dos outros, porque às vezes esse que não estava lá ligado não sabe, mas, surge ali né a participação deles (Grifos nossos).

Professor C: Dou a teoria, trabalho com a questão e *aí eu abro espaço*, geralmente eu começo resolvendo as questões, explicando alguma coisa e a gente abre um espaço para que tenha a *participação dos alunos*. Seja de forma em grupo como você percebeu, ou então pode ser individual, a todo momento quando em tô explicando [...] pessoal dúvidas? (Grifos nossos).

Professor C: *Se o aluno chegar mais próximo do professor ele cria uma relação de confiança e [...]*, as vezes ele não tem tanta relação com o professor, mas com o colega do lado ele tem e fica mais fácil essa relação de conteúdo, de distribuição de conteúdo e tarefa. *Aí eu procuro fazer isso, primeiro eu quebro essa barreira, trago meu aluno mostro que a gente tá num pé de igualdade, mas sempre com respeito, eu respeitando ele e também fazendo com que ele me respeite... eu ... eu gosto muito disso, eu prezo muito isso. Eu tento quebrar muito isso [...]* (Grifos nossos).

O professor A utiliza o conteúdo como estratégia para motivar seus alunos. Para ele informar o conteúdo que vai ser trabalhado na aula seguinte pode despertar no estudante a motivação para estudar sozinho. Segundo o professor A o tempo pedagógico disponível (duas aulas por semana) é insuficiente para atender todas as necessidades e dificuldades dos estudantes, logo “[...] *eles precisam estudar sozinhos* porque o *tempo pedagógico da sala de aula não é suficiente pra ele aprender*. Em seu relato o professor A enfatiza a importância de os estudantes perceberem a Física na vida deles.

Como forma de incentivo à participação o professor B utiliza o recurso da indagação durante as aulas. Segundo o professor B perguntar durante a exposição pode ser uma estratégia para perceber se os estudantes estão atentos a aula, despertar a atenção e motivar a participação.

O professor C admite como forma de incentivo a participação, a estratégia de desenvolver uma afetividade para com os estudantes. O professor C ressalta a importância dessa confiança mútua entre professor e estudante e salienta que de forma geral existe uma barreira entre ambos que precisa ser quebrada e que dentro dos limites do respeito, docente e discente estão em “*pé de igualdade*”.

Para Pozo e Crespo (2009) os estudantes não aprendem a Física que lhes é ensinada porque a aprendizagem não consiste em reproduzir cópias reais e exatas do mundo, nem tampouco o ensino ocorre por meio do envio de uma xérox a cabeça do estudante para que este a reproduza como solicitado pelo professor.

Nessa perspectiva Pozo e Crespo (2009, p. 23) defendem que um sistema educacional ao estabelecer os conteúdos das disciplinas que compõem seu currículo precisa ter claro que a função formativa desse currículo é fazer com que os estudantes “[...] assimilem a cultura em que vivem, em um sentido amplo, compartilhando produções artísticas, científicas, técnicas,

etc. próprias dessa cultura [...], mas também desenvolvendo as capacidades de acessar produtos culturais, desfrutar deles e, na medida do possível renová-los”.

Para Lovato et al. (2018, p. 167) as metodologias de ensino “precisam acompanhar os objetivos pretendidos, portanto, se buscamos a formação de alunos capazes de estabelecer diferentes interações tecnológicas e sociais, precisamos estabelecer práticas que conduzam a esse caminho”.

b) Elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (interação face a face)

Nesta subcategoria enquadrámos os fragmentos de fala que caracterizamos como sendo pertencente ao elemento essencial da aprendizagem cooperativa “interação face a face”. Foram identificados cinco fragmentos de fala que sugerem a necessidade de gerar oportunidades de pôr os alunos frente a frente em situação de encorajamento, permitindo aos diferentes estudantes que se fortaleçam e facilitem os esforços individuais para alcançarem os objetivos da célula.

Professor A: *Sim ajuda muito as discussões que têm só que eles têm muita dificuldade e as vezes eles não debatem muito eles ficam calados você fala e fica aquela coisa calada. Tem que instigar muito pra que eles falem por conta da dificuldade (Grifos nossos).*

Professor B: *Assim... a gente ouve muito falar que duas cabeças pensam muito melhor do que uma. Então quando você junta ali a equipe um vai falando... vai...fala o que entendeu da questão [...], mas quando não é possível como no caso das questões eu acho que um vai falando o que entendeu, um vai tirando alguma das questão e assim vai se construindo na cabeça, depende muito da questão (Grifos nossos).*

Professor B: *Ali é mais uma maneira deles interagirem mesmo, aí tem alguns que conseguem naquele momento ali com a dupla tirar alguma dúvida, aprender alguma coisa a mais, então eu acho que seria mais uma metodologia, mais uma maneira pra atingir o máximo de alunos nanh, com aprendizagem (Grifos nossos).*

Professor C: *Primeiro que eu não tenho só uma cabeça, eu tenho várias, então são várias cabeças pensando, vamos supor em uma resolução de uma questão. Eu tenho vários modelos pra a resolução daquela questão, isso facilita bastante o aluno. Então ele consegue interpretar aquilo melhor, como uma melhor facilidade. Não é só a parte da didática em si, o livro, tô ali dando o conteúdo, não, preciso abrir espaço também pra que o aluno [...] (Grifos nossos).*

Professor C: *[...] pode parecer como desordem ou bagunça [...], mas ali é envolvimento dos alunos. Aí pra, por exemplo, comigo que já funciona eu não tenho tanta dificuldade não, mas um professor, primeiro contato ele vai perceber isso, pode parecer uma desordem, bagunça, desrespeito alguma coisa desse tipo, mas se você sentar e olhar o que eles estão fazendo na verdade eles estão debatendo as questões é bem interessante (Grifos nossos).*

O professor A enfatiza em sua fala a importância das discussões para a consecução da aprendizagem, porém salienta que em virtude das dificuldades os estudantes não utilizam esse recurso como auxílio à construção do conhecimento. É necessário instigá-los para que possam se posicionar em relação ao conteúdo apresentado em função das dificuldades que possuem.

O professor B afirma que mesmo sem o material concreto para que os estudantes possam manusear é possível a construção do conhecimento através da interação e das discussões nas células cooperativas. O professor cita como exemplo durante a resolução de uma questão o fato de que *“duas cabeças pensam muito melhor do que uma. Então quando você junta ali a equipe um vai falando... vai...fala o que entendeu da questão”*. Segundo o professor B esses momentos de compartilhamento de dúvidas e saberes favorecem a aprendizagem dos estudantes e possibilitam atingir o máximo de indivíduos possível.

Para o professor C, o fato de não ter apenas uma cabeça pensando, um único modelo de interpretação de uma questão constitui-se como fator importante para a construção do conhecimento. Segundo o professor C *“quem não entendeu, quem não conseguiu pensar mais tá debatendo[...]”* está interagindo com os demais, essa interação o possibilitará *“interpretar aquilo melhor, como uma melhor facilidade”*. O professor C ressalta ainda que para muitos o que pode parecer desordem, bagunça ou indisciplina na realidade apresenta-se como uma oportunidade de discussão e debate entre os estudantes.

Cohen e Lotan (2017) alertam que interagir frente a frente demanda respostas, exige comportamento atento e oportuniza que os alunos se engajem em conversas substantivas e de alta qualidade. Para Lopes e Silva (2009) a interação face a face pode ser caracterizada por garantir aos alunos a oportunidade de estarem frente a frente em situação de encorajamento, elogiando o empenho individual realizado para aprender, permitindo aos diferentes estudantes que se fortaleçam e facilitem os esforços individuais para a alcançarem os objetivos da célula. Ainda segundo os autores a partir do momento em que se estabelece a interdependência positiva surge a necessidade de promover a interação, de criar as condições para que os alunos trabalhem juntos. É na interação face a face que se concretiza a cooperação.

c) Estratégias da aprendizagem cooperativa

Procuramos com esta subcategoria perceber quais eram as estratégias da metodologia da aprendizagem cooperativa mais utilizadas pelos os professores como forma de fomentar o compartilhamento de informações, a participação com equidade e a criação dos espaços para a troca de saberes. Durante a observação constatamos que apenas um dos professores recorre a utilização de estratégias próprias da cooperação para o desenvolvimento das atividades acadêmicas com os estudantes, esse fato é comprovado a partir da análise das entrevistas. Os demais docentes afirmam conhecer a metodologia, porém não conhecem os principais e/ou métodos mais usuais que a compõem.

Professor A: *Phillips 66, grupo de peritos o grupo de especialistas, o mapa conceitual e...* tem outro que eu esqueci o nome. O que eu adaptei só um momento... deixe eu procurar o título.... *TBL. Eu uso mais o Phillips 66, e o grupo de especialistas.* Porque pra mim assim, eu acho mais fácil pra poder aplicar para os alunos, principalmente *o grupo de especialistas em muitos conteúdos* (Grifos nossos).

Professor A: [...] *o grupo de especialistas, por que ajuda com o entendimento dos textos é muito bom e o Phillips 66 ajuda bastante na resolução das questões não é, por que eles ficam naquela, pra poder resolver, só o que me deixa assim um pouco preocupada é com o tempo, por que tem aluno que demora pra resolver ai as vezes ultrapassa o tempo, aí uma aula que você planejou pra duas aulas tem que ficar pra outra aula, por que eles demoram assim [...]* (Grifos nossos).

Professor B: Assim as que eu conheço são ligadas aos aspectos [...] *de trabalhar mais em grupo... fazer montar grupos de estudo, equipes nanh, onde um aluno vai ajudando os outros* (Grifos nossos).

Professor C: Não como eu te falei é mais aquela coisa... *eu gosto dessa coisa dinâmica né envolver divido por grupo. Sempre pego um aluno que tem facilidade na minha disciplina. [...]* pra poder liderar a... a... aula naquele momento (Grifos nossos).

Quanto às estratégias metodológicas da aprendizagem cooperativa o professor A costuma utilizar cinco delas com maior frequência (Phillips 66, grupo de peritos, grupo especialistas, mapa conceitual e o TBL) sua preferência é pelo grupo de especialistas, pois se adapta a vários conteúdos. O professor A revela ainda que “*o Phillips 66 ajuda bastante da resolução de questões*”, porém salienta a dificuldade em relação ao cumprimento do tempo estipulado para a execução das atividades pelos estudantes.

Os demais professores não têm conhecimento dessas estratégias cooperativas, pautando suas aulas no trabalho em grupo, sem estruturar a cooperação entre os estudantes.

Lopes e Silva (2009) advertem para possíveis risco de comprometimento das potencialidades da metodologia da aprendizagem cooperativa em virtude da sua utilização de forma inadequada, os autores salientam que existem diversos métodos cooperativos que podem reduzir esses riscos e envolver todos os estudantes do grupo na tarefa solicitada.

Para isso os autores orientam que o professor ao começar a utilizar a aprendizagem cooperativa deve dar preferência pelos métodos de curta duração em que a constituição das células é feita de forma aleatória até que os estudantes tenham desenvolvido as competências sociais necessárias para o trabalho em equipe. Desta forma o professor deve conhecer bem a turma antes de montar os grupos cooperativos.

De acordo com Echeita e Martin (1995, apud QUEIROZ; BARBOSA; AMARAL, 2009) os métodos cooperativos podem ser utilizados em todas as séries, níveis e modalidades de ensino, com diversos grupos de alunos nas diferentes disciplinas ou áreas do conhecimento.

Assim, a metodologia da aprendizagem cooperativa dispõe de uma gama de métodos que se caracterizam pelo seu funcionamento, por isso antes de implementar a metodologia em sua sala de aula o professor deve observar quais os objetivos da atividade proposta, quais

objetivos a serem atingidos pelos estudantes e que comportamentos ou atitudes se pretende desenvolver.

d) O professor como mediador do processo ensino-aprendizagem

Esta subcategoria foi criada a partir dos extratos de fala dos professores que apontam para a forma como eles se percebem durante o desenvolvimento das suas atividades docentes em sala de aula como mediadores das aprendizagens centrando processo de ensino nos estudantes.

Professor A: Bem, *meu papel é tentar mostrar pro aluno* que ele é capaz de aprender sem precisar que o professor esteja lá na frente explicando. [...] eu acho que a principal ideia da aprendizagem cooperativa é essa, *é mostrar que ele é capaz de aprender sozinho* e que ele não precisa de um professor pra tá você tem que saber isso, você tem que saber aquilo, não. *O professor ele mostra o que ele precisa aprender [...]* (Grifos nossos).

Professor B: *É mais de orientar* né, porque assim é como se eles mesmos tivessem ali *buscando as respostas buscando as informações* e a gente fica *orientando né acompanhado pra que eles mesmos aprendam sozinhos* entre aspas (Grifos nossos).

Professor C: *De facilitador, mediador, eu tento fazer com que eles pensem mesmo*, seria esse o papel. [...] deixar mais o professor como mediador um facilitador da aprendizagem é muito interessante e principalmente como a gente trabalha em salas numerosas, [...], *mas quando você distribui tarefas [...], isso aí causa um envolvimento muito grande no aluno. Isso é muito importante, dele pensar despertar o senso crítico dele, isso é muito importante* (Grifos nossos).

O professor A revela que nas suas aulas busca incentivar seus alunos a desenvolverem a capacidade de estudar sozinhos, pois acredita que “*a principal ideia da aprendizagem cooperativa é essa, é mostrar que ele é capaz de aprender sozinho e que ele não precisa de um professor*”. Dessa forma os estudantes tornam-se sujeitos ativos, autônomos e principais responsáveis pelo a construção do próprio conhecimento.

Quanto ao professor B este revela que nas suas aulas assume o papel de orientador do processo cuja tarefa consiste em acompanhar e favorecer meios para que os estudantes busquem suas próprias informações.

O professor C percebe-se como facilitador, mediador da aprendizagem, tendo ainda como atribuição dentro do processo fomentar o pensamento dos estudantes.

De acordo com Cohen e Lotan (2017, p. 121) “o trabalho em grupo muda drasticamente o papel do professor. [...] você não é mais um supervisor direto dos alunos, responsável por garantir que façam o seu trabalho exatamente como você os orienta”. Segundo as autoras, o papel do professor nesta dinâmica de ensino ultrapassa as fronteiras da correção imediata de erros.

Enquanto os estudantes executam a tarefa orientada em seus respectivos grupos o professor assume o papel de monitorar o trabalho dos discentes cuidadosamente escutando as discussões a fim de perceber como a atividade se desenvolve e quando necessário faz perguntas estimuladoras para incentivar um aluno ou grupo que esteja encontrando dificuldade para executar dada tarefa (COHEN; LOTAN, 2017). As autoras reforçam ainda que esse momento é extremamente importante para dar e receber *feedback*.

Porém, conforme Ovejero (1990, p. 27) “os professores não devem intervir nos grupos mais do absolutamente imprescindível”, por outro lado para o autor “o melhor momento para ensinar as habilidades cooperativas é quando os estudantes as necessitam”.

4.2.1.4 Estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula

Para essa categoria a leitura das entrevistas nos permitiu a elaboração de duas subcategorias que compõem a discussão desta subseção. São elas: (a) gestão do tempo pedagógico; (b) importância dos papéis atribuídos aos estudantes, (c) elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (responsabilidade individual) e, (d) elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (habilidade social).

a) Gestão do tempo pedagógico

Ao elaborar qualquer projeto de aprendizagem os professores devem considerar essencialmente a organização e gestão do tempo pedagógico para a execução de cada atividade. Assim, a análise das entrevistas nos possibilitou perceber que dentre as muitas dificuldades enfrentadas pelos professores para implementar estratégias de ensino com viés cooperativo, está a gestão do tempo pedagógico e o planejamento dessas ações.

Professor A: Assim logo quando eu chego na sala eu observo que a... *desorganização que o professor da aula anterior deixou*, as células não estão formadas, *o ambiente não está organizado, aí você tem que organizar*, colocar os alunos nas células, *ai já demora um tempinho da aula e também os alunos que as vezes não querem cooperar* não aceitam a função que... que é determinada pra ele (Grifos nossos).

Professor A: [...] então assim *é muito complicado pra fazer esse plano e também pra poder fazer tudo no tempo correto*, pra não... não deixar tempo da aula pra que o aluno não fique disperso, fica muito complicado principalmente quando é aula de cálculo, por que as vezes você tem que explicar mais, por que o aluno não entendeu⁸, *ai aquele plano que você fez pra aquele tempo ai vai passando ai*

⁸ A professora poderia utilizar como estratégia a divisão da turma por grupos heterogêneos o que contribuiria para minimizar essas dificuldades quanto ao cumprimento das atividades no tempo previsto. Além disso, é indicado que cada projeto de aprendizagem seja planejado com vista ao cumprimento de metas – coletivas e individuais.

você não consegue concluir, [...] fica quebrado, ai desorganiza, ai você prepara pra uma turma, o plano ai uma turma consegue, outra turma não consegue ai fica sempre uma turma diferente da outra (Grifos nossos).

Professor A: [...] *com relação ao tempo realmente, porque tudo tem que ter seu tempo, aí as vezes a gente fica [...] porque já passou o tempo de fazer aquela atividade e tudo não foi cumprindo ai desorganiza a sua aula, mais é a desvantagem que eu vejo é essa. Com relação ao tempo (Grifos nossos).*

Para o professor A, a gestão do tempo pedagógico ou de execução das etapas de uma atividade planejada segundo as diretrizes da aprendizagem cooperativa apresenta-se como uma das suas principais dificuldades. Além disso, segundo revela o professor A, este sempre perde algum tempo para organizar o ambiente da sala de aula em virtude da desorganização deixada pelo professor da aula anterior, soma-se a isso a resistência de alguns estudantes à cooperação, o planejamento e o cumprimento dos seus planos ou projetos de aprendizagem.

Em relação aos demais professores (B e C) não identificamos fragmentos de falas que se enquadrassem nessa subcategoria.

b) Importância dos papéis atribuídos aos estudantes

Conforme o referencial de Johnson, Johnson e Smith (1998) os papéis são imprescindíveis para o funcionamento adequado do grupo, bem como para garantir a participação equitativa de cada estudante. Assim, cada estudante precisa perceber-se como fundamental para que a tarefa seja realizada. Nesta subcategoria buscamos obter a opinião dos entrevistados sobre a importância dos papéis que devem ser desempenhados pelos estudantes para a efetivação das atividades propostas.

Professor A: [...] *aluno que tem dificuldade para falar, então se... se mudar, um dia um for redator o outro for relator, ele vai aprender a escrever, o redator tem que ter uma letra legal pra que o colega consiga ler. Então aquele aluno que não quer falar por que tem vergonha, vai chegar um dia que ele vai ter que falar, por que troca as funções, o outro tem que ir ao quadro pra poder. Então ajuda... ajuda sim, por que quando chegar no final do terceiro ano esse aluno já vai conseguir tá escrevendo bem, falando, vai ao quadro pra poder resolver questões, já perdeu aquela timidez, então ele não vai ter problema quando ele for trabalhar, quando ele for pra universidade pra apresentar seminários ou então pra... até na entrevista de emprego já ajuda (Grifos nossos).*

Professor A: *Eu procuro sempre mudar, se eu passo uma atividade na semana, na outra semana eu peço já que mude, que não fique os mesmos, se um foi o relator, na outra outro vai ser o redator e assim vai mudando pra não ficar sempre as mesmas pessoas. Eu uso mais a parte do redator, relator aí controlador do tempo do barulho, é são esses (Grifos nossos).*

Professor C: [...] *geralmente eu escolho um que tem facilidade que aí ele vai me auxiliando, seria vamos dizer assim um outro (Professor C) ... vai ter mais facilidade aí já tem esse contato mais próximo é aluno, já se aproxima mais, já fica mais... vamos dizer assim liberal pra perguntar alguma coisa [...] (Grifos nossos).*

A fala do professor A revela a importância que este atribui aos papéis e a distribuição de funções dentro das células. De acordo com o professor A, a oportunidade de participação equitativa favorece o desenvolvimento de competências relacionadas a escrita, a leitura e a oralidade, outro sim, ajuda o estudante a perder a timidez fator essencial para melhorar sua vida pós escola.

A fala do professor C revela o desconhecimento desses papéis e corrobora ideia da utilização de estratégias que primam pela hierarquização de saberes entre os estudantes, acentuando a ideia do trabalho em grupo.

Johnson, Johnson e Holubec (1999, p. 24) afirmam que “os papéis indicam o que esperar que cada membro do grupo faça aos demais e, portanto, o que está se obrigando a fazer por eles”. Os autores destacam ainda que, há situações em que os alunos se negam a participar do processo cooperativo ou mesmo não sabem como contribuir para o bom desenvolvimento do grupo. O professor pode ajudar a resolver esse problema, bem como prevenir outros conflitos internos do grupo atribuindo papéis concretos a cada membro.

Portanto, de acordo com Lopes e Silva (2009, p. 23) “para que se estabeleça entre os alunos um clima de cooperação, devem colocar-se duas condições essenciais: o professor delegar uma margem de autonomia aos alunos na execução de uma tarefa e os alunos serem capazes de exercer essa autonomia”. Para eles ambas as condições só podem ser alcançadas com a atribuição de papéis claros e concretos aos alunos, bem como com monitoramento e acompanhamento da execução das atividades.

c) Elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (responsabilidade individual)

Esta subcategoria surge tendo em vista a relevância que os professores entrevistados atribuem ao compromisso individual de cada componente da célula com as aprendizagens e tarefas atribuídas. A responsabilidade individual é evidenciada quando o desempenho de cada estudante é verificado e o feedback é dado tanto ao indivíduo como ao grupo.

Professor A: *Eles têm que ter primeiro responsabilidade e tem que gostar de ajudar, porque se ele não gostar de ajudar ele vai ter muita dificuldade em trabalhar na aprendizagem cooperativa. Porque às vezes quando a gente recebe os alunos no primeiro ano é isso aí, eles não... não vou fazer, não porque ele não quer ajudar o outro colega (Grifos nossos).*

Professor A: *Fora de sala, por que às vezes você passa atividade, por exemplo, pra casa e eles não conseguem fazer, eles não fazem, não tem um retorno, eles não conseguem levar a aprendizagem cooperativa pra casa deles, pra vida deles, que seria isso, que assim acho que a ideia da aprendizagem cooperativa que o aluno estude na escola e que ele vá estudar fora da escola com seu grupo e isso eu não vejo (Grifos nossos).*

O professor A se reporta a responsabilidade individual como elemento fundamental para que os estudantes possam desenvolver a entajuda e o compartilhamento de conhecimento. O estudante precisa gostar de ajudar para trabalhar com a aprendizagem cooperativa, afirma.

Conforme Lopes e Silva (2009, p. 17) “o grupo deve assumir a responsabilidade por alcançar os seus objetivos e cada membro será responsável por cumprir com a sua parte para o trabalho comum”. Diante disso, infere-se que a responsabilidade individual é caracterizada pelo compromisso individual consigo mesmo e com os demais componentes da célula de aprendizagem. Cada componente da célula responsabiliza-se pelas aprendizagens e tarefas atribuídas. A ninguém é dado aproveita-se do trabalho do outro. A aprendizagem cooperativa possibilita que os estudantes aprendam juntos para, posteriormente, poderem desempenhar sozinhos as tarefas que lhe são propostas.

d) Elementos da aprendizagem cooperativa (habilidade social)

De acordo com o referencial de Johnson, Johnson e Holubec (1999) os alunos precisam ter a oportunidade de trabalharem juntos a fim de desenvolverem as capacidades sociais necessárias para o sucesso do grupo, o professor precisa ter consciência de que a ausência dessas competências potencializa o insucesso na aplicação da aprendizagem cooperativa. Esta subcategoria enfatiza a temática das competências sociais como imprescindíveis para a construção do conhecimento a partir das estratégias de cooperação.

Professor A: Assim, eu considero, [...] *habilidade social* porque ele precisa ter aquelas habilidades sociais que gente trabalha, pra poder aprender as outras. Então por exemplo no primeiro ano eu trabalho muito a parte da habilidade social, por que ele tem que aprender a desenvolver, ele tem que aprender a ficar em silêncio, a cumprir sua tarefa, o que foi definido pra ele, a sua função. *Então habilidade social, mas do que o programa* (Grifos nossos).

Professor A: [...] o programa ele cobra o conhecimento, mas a *aprendizagem cooperativa ele não se preocupa só com o conhecimento, ela se preocupa com a formação do aluno*, o que ele vai ser quando ele sair da escola, ele vai ser um ser humano melhor, ele saber... vai poder ajudar o outro, vai ser uma pessoa responsável? *Então eu acho muito importante a habilidade social* (Grifos nossos).

Professor B: *É eles têm que saber ouvir*. Tem a turma lá do 2ª B que é uma turma muito boa, que rende muito mesmo nos trabalhos, nas avaliações, na aula também você vê que eles são bem... eles pegam as coisas muito rápido, [...] tem A (estudante) que é mais caladinho, mas que pega as coisas muito rápido *e eles não costumam ajudar, aqueles que não pegam muito rápido*. Tem um que senta na frente que é C (estudante)... ele tem muita dificuldade entendeu e *eles não têm esse hábito de ajudar os outros* [...] (Grifos nossos).

Professor C: *Talvez* [...] *a paciência* dele perceber ler a questão interpretar acho que na aprendizagem cooperativa isso, *e entender a questão dos outros também*, nem todo mundo pensa com a mesma rapidez é... nem todo mundo tem o mesmo cognitivo, então ele ter essa paciência de envolver e ser envolvido isso é muito importante (Grifos nossos).

O professor A compreende o desenvolvimento das competências sociais como elemento importante para a formação do estudante, sendo necessário ensiná-las tanto quanto o programa da disciplina. Na sua concepção a interiorização dessas habilidades tornará o estudante uma pessoa melhor dentro e fora da escola.

Por outro lado, para o professor B os estudantes precisam desenvolver o hábito da escuta e da capacidade de ajudar⁹. O professor ressalta, que em uma de suas turmas há um estudante que tem muita dificuldade de aprendizagem, porém há também aqueles que pegam as coisas muito rápido, porém “[...] *eles não costumam ajudar aqueles que não pegam muito rápido*” todavia “*eles não têm esse hábito de ajudar os outros, eles tipo se sentem superiores [...]*”.

O professor C enfatiza a questão da paciência como agente importante para que os estudantes possam trabalhar de forma cooperativa. Salienta além disso, a necessidade de os estudantes compreenderem as dificuldades dos colegas “*nem todo mundo pensa com a mesma rapidez é... nem todo mundo tem o mesmo cognitivo, então ele ter essa paciência de envolver e ser envolvido isso é muito importante*”.

O sucesso ou fracasso de um grupo cooperativo pode ser medido pela sua capacidade de cooperação, esta por sua vez depende do grau de aquisição das habilidades sociais ou interpessoais, orientar os alunos para trabalharem um ao lado do outro não garante um trabalho eficaz (LOPES; SILVA, 2009). Para Johnson, Johnson e Holubec (1999) quando o professor identificar que cada estudante consolidou as competências básicas necessárias para o trabalho em equipe dar-se o momento da formação dos grupos.

Quanto maior o nível de desenvolvimento das competências sociais, maior o grau de cooperação entre os alunos, maior a motivação intrínseca (POZO; CRESPO, 2009) e a atenção dedicada às aulas e aos professores. Lopes e Silva (2009, p. 19) reportam que “o professor tem que lhes ensinar [...] com a mesma seriedade e precisão com que ensina as matérias escolares”. Para Johnson, Johnson e Smith (1998, p. 95) “pedir a indivíduos não capacitados para cooperar tende a se transformar em coisa fútil”.

4.2.1.5 Estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem

Após a leitura minuciosa das entrevistas elaboramos as seguintes subcategorias: (a) elementos do processo avaliativo com características da aprendizagem cooperativa; (b)

⁹ De acordo com Johnson, Johnson e Smith (1998) as habilidades sociais não são natas, precisam ser ensinadas tanto quando o programa da disciplina.

elementos do processo avaliativo com características do método tradicional e, (c) elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (processamento de grupo).

a) Elementos do processo avaliativo com características da aprendizagem cooperativa

Elaboramos esta subcategoria com base nas falas dos professores que apresentaram em seu conteúdo aspectos da avaliação processual e formativa, pautada no monitoramento e acompanhamento dos estudantes em todas as atividades cooperativas propostas pelos professores. Conforme afirmam Lopes e Silva (2009) a metodologia da aprendizagem cooperativa proporciona *feedback* imediato aos alunos e ao professor sobre a eficácia de cada grupo e sobre o progresso dos alunos, a partir da observação do trabalho individual e em grupo.

Professor A: A avaliação também, *you tem que fazer a avaliação é acompanhando realmente porque se você não fizer todo o acompanhamento você não consegue fazer a avaliação da forma correta e isso vai prejudicar o aluno (Grifos nossos).*

Professor A: Bem eu faço *avaliação todos os dias em todas as aulas, aí vou fazendo anotações... de como ... do que foi proposto e procuro sempre fazer recuperação na aula seguinte com aquele aluno que não veio ou então que teve dificuldade, mas sempre anoto tudo por que se você não fizer anotação você vai se perder, você não vai conseguir avaliar da forma correta (Grifos nossos).*

Professor B: [...] *o professor acredito que faz avaliação todo dia, todas as aulas a gente tá fazendo avaliação não é. Avaliação no papel é mais... é uma das avaliações, a prova lá pra marcar, pra escrever. Tem aluno que no dia da prova não tá bem, que não consegue o resultado, mas você vê que ele vinha aprendendo ele vinha participando ele vinha resolvendo os exercícios, tudo isso é válido (Grifos nossos).*

O professor A revela em seu relato que a avaliação deve ocorrer em todas as aulas. O professor deve fazer anotações ou registros como forma de monitoramento do processo de construção da aprendizagem do estudante. Para o professor A se não houver um monitoramento e o registro detalhado de todos os momentos durante a execução das atividades pelos estudantes em sala o professor não terá como acompanhar o desenvolvimento do trabalho. Um detalhe importante referido pelo professor A e que merece destaque é o fato deste fazer a recuperação de conteúdo na aula seguinte a uma atividade ou conteúdo proposto. Fica implícito que o professor A não trabalha com um período determinado ao final, por exemplo, de um período letivo para fazer recuperação de conteúdo com os estudantes com dificuldade.

O professor B acredita que avaliação deve ser feita todos os dias e que o teste com data e hora marcada deve ser apenas uma das avaliações. Ressalta a importância de observar o comportamento, a participação e o progresso dos estudantes nas atividades através do caderno do aluno, além de considerar suas individualidades e suas especificidades. Para o professor B a avaliação deve primar pelos aspectos qualitativos.

De acordo com Lopes e Silva (2009) a metodologia da aprendizagem cooperativa proporciona formas de avaliação alternativas tais como a observação de grupos, avaliação do espírito do grupo e avaliações individuais escritas curtas. Desse modo quando os estudantes estão organizados em células o processo de avaliação e monitoramento se torna mais fácil, visto que os grupos são mais fáceis de supervisionar do que os alunos individualmente.

b) Elementos do processo avaliativo com características do método tradicional

Durante a análise das entrevistas foi possível identificar elementos do discurso que apontam para um processo de avaliação que não está alinhado com o que preconiza metodologia da aprendizagem cooperativa. Assim, nesta subcategoria elencamos os fragmentos de fala que convergem para a avaliação convencional, tendo como fim o teste padronizado.

Professor C: Aqui a gente tem *três modelos de avaliação*, a gente tem o que eles estão fazendo agora, *inclusive hoje é a prova global*, são dez questões, eles realizam as dez questões, *são dez questões fechadas*, aí tem a *prova parcial que são sete questões fechadas e três questões abertas* né objetivas e subjetivas, aí tem o *fator de ajuste que aí o professor quem decide o que é que vai atribuir ao aluno*, mais assim a gente tem que sair muito desse tradicional (Grifos nossos).

Professor C: *O que diz que o aluno aprende não é só uma prova não, tem outros métodos pra gente avaliar*, tem alguns desafios que eu proponho a meus alunos, *se ele conseguir resolver uma atividade na sala eu livro ele da global tranquilo*, [...]. Porque o que eu preciso que ele entenda, ele já tá me apresentando ali, [...] acho que não é só o papel em si. *Eu gosto de fazer muito isso de sala em sala eu proponho desafio fez... fez não faz minha global*. Não é só a medição do conhecimento não é só por prova, *tem outros métodos avaliativos que dão certo* (Grifos nossos).

Acerca da avaliação o professor C afirma que existem vários métodos avaliativos, sendo a prova apenas mais um recurso, afirma também que é comum propor desafios para seus alunos como forma de verificar se determinado tema foi interiorizado por eles. Segundo o professor C quando o desafio atribuído é cumprido o estudante que o realizou é liberado da prova global. É digno de nota a estrutura adotada pela escola para avaliar seus estudantes.

Conforme o professor C o processo avaliativo é dividido em três momentos: o primeiro momento ocorre por meio de uma avaliação parcial com questões objetivas e subjetivas, o segundo momento é denominado de avaliação global ou prova global e ocorre em uma semana específica com data definida pelo corpo docente e núcleo gestor da escola. A prova global é composta de dez itens objetivos ou questões fechadas. O terceiro elemento da avaliação corresponde ao que o professor C designa por fator de ajuste que compreende a avaliação qualitativa (participação, frequência às aulas, comportamento etc.).

c) Elementos essenciais da aprendizagem cooperativa (processamento de grupo)

Nesta subcategoria aportamos os extratos de verbalizações dos professores que revelaram a importância dada por esses docentes ao processamento de grupo. De acordo com o referencial teórico de Lopes e Silva (2009), Johnson, Johnson e Holubec (1999) o processamento de grupo configura-se como um dos elementos essenciais da aprendizagem cooperativa devendo ser realizado ao final de toda atividade cooperativa.

Professor A: Ele é importante porque *pra saber se algum aluno ficou com dificuldade em um conteúdo*, se algum não fez sua, sua... *seu papel correto dentro da célula*. Então eu faço sempre *no final assim... quase no final do bimestre*, mas eu não faço por escrito, a gente só conversa. Como foi, desenvolveu bem, *não essa célula aqui não conseguiu porque meu colega não fez as atividades, ele não quis*, ele faltou. Então é importante para *saber o que aconteceu em cada da célula* (Grifos nossos).

Professor C: Ah isso aí é... *o professor ele pode ser reorganizar é muito bom*, é muito importante é a relação professor-aluno, *esse feedback é muito importante tem que ter é a relação...* é vamos dizer assim *é o termômetro do professor*. A aula foi boa, não foi onde é que eu vou melhorar, como é que eu vou mudar meu plano de aula, o que é que eu devo acrescentar o que é que eu devo tirar o que foi importante o que não foi, é muito importante. (Grifos nossos).

Em relação ao processamento de grupo, elemento essencial da aprendizagem cooperativa o professor A compreende sua a relevância para o processo, pois possibilita ao professor “*saber se algum aluno ficou com dificuldade em um conteúdo*”, se os papéis atribuídos estão sendo desenvolvidos corretamente em todas as células. No entanto, segundo o professor A em suas aulas o processamento de grupo é realizado ao final de cada bimestre ou período letivo¹⁰.

O professor C salienta a importância de realizar o processamento de grupo como forma de se reorganizar, de identificar elementos da ação pedagógica que precisam ser melhorados, intensificados ou substituídos. Logo, conforme o professor C o processamento de grupo funciona como um termômetro para o docente.

Diante disso o processamento de grupo deve ser visto como um processo sistemático e periódico que permite a célula refletir sobre o seu desempenho quanto ao o alcance das metas estabelecidas e as estratégias para tornar mais eficaz o seu trabalho. Deve ser visto também como a oportunidade para cada membro do grupo identificar quais posturas foram positivas (deverão ser mantidas) e quais ações não contribuíram para o bom desempenho da equipe e que compromissos poderão ser firmados na busca da eficiência do grupo (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1999).

Para os autores deve ser dado tempo aos estudantes e favorecidas as condições necessárias para que avaliem o modo como estão desempenhando seus papéis como membro

¹⁰ De acordo com Johnson, Johnson e Holubec (1999), o processamento de grupo deve ser realizado ao final de cada atividade cooperativa.

do grupo, como têm posto em prática as competências sociais trabalhadas, bem como deve ser dado feedback a cada componente do grupo pela sua participação.

4.2.2 Etapa II: Análise do questionário de dilemas: construindo um contraponto entre o discurso e a prática dos professores

O questionário de dilemas foi aplicado com três professores de três escolas públicas do estado do Ceará com o objetivo de identificar os níveis mais implícitos das representações mentais desses docentes acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia pedagógica para o ensino de Física. Para a análise dos questionários de dilemas recorreremos ao referencial teórico de Pozo et al. (2006) que trata do estudo das crenças ou concepções alternativas que os professores possuem sobre o mundo social e natural cuja interpretação pode ser compreendida a partir das teorias implícitas.

Nos Quadros 7 e 8 apresentamos os resultados da análise do questionário de dilemas e as verbalizações dos professores para cada categoria. Em seguida faremos um contraponto entre os resultados obtidos a partir do referido questionário e da análise das entrevistas, considerando os perfis: direto, interpretativo e construtivo. No Quadro 7 consta o percentual de respostas dos professores ao questionário de dilemas em cada categoria.

Quadro 7 – Percentual de respostas dos professores ao questionário de dilemas por categoria

Categorias	Direto	Interpretativo	Construtivo
Situação de ensino e aprendizagem de Física: apresentação do objeto de ensino.	8,33%	0,0%	91,66%
Estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa	0,0%	0,0%	100%
Estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão	0,0%	0,0%	100%
Estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula	0,0%	0,0%	100%
Estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem	0,0%	0,0%	100%
Total	3,33%	0,0%	96,66%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Após a transcrição e leitura minuciosa das entrevistas, tendo em vista o referencial teórico da análise de conteúdo de Bardin (2011) conforme mencionado na seção 3.2, identificamos os fragmentos de fala (30 fragmentos) dos professores que pertenciam aos perfis

direto, interpretativo e construtivo. O Quadro 8 apresenta os fragmentos de fala dos professores por categoria.

Quadro 8 – Distribuição dos fragmentos de fala/verbalizações dos professores por categoria

Categorias	Direto	Interpretativo	Construtivo
Situação de ensino e aprendizagem de Física: apresentação do objeto de ensino.	5 fragmentos (100%)	0	0
Estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa	1 fragmentos (20%)	3 fragmentos (60%)	1 fragmentos (20%)
Estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão	2 fragmentos (16,66%)	4 fragmentos (33,33%)	6 fragmentos (50,00%)
Estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula	1 fragmentos (33,33%)	1 fragmentos (33,33%)	1 fragmentos (33,33%)
Estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem	1 fragmentos (20%)	4 fragmentos (80%)	0
Total	10 fragmentos (33,33%)	13 fragmentos (43,33%)	7 fragmentos (23,33%)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Pode-se observar a partir do Quadro 8, que o menor percentual de fragmentos de fala encontra-se na teoria construtiva o que difere do perfil encontrado no questionário. Resultado semelhante foi obtido por García e Pozo (2017) ao investigar as concepções de professores de Física sobre o processo ensino-aprendizagem da disciplina. Pozo et al. (2006 apud GARCÍA; POZO, 2017, p. 103) dissertam que

[...] apesar do questionário de dilemas indicar claramente a posição do professor com respeito ao perfil de cada resposta, quando este é questionado e deve responder livremente, indicando exemplos de como atua na prática, ou refletindo sobre ela, as respostas tendem a ser mais tradicionais, ou seja, pertencem aos perfis direto e interpretativo.

Os resultados obtidos mostram a importância da utilização de vários instrumentos de pesquisa para obtenção dos dados. Conforme Stake (1999) e Gil (2010) o desenvolvimento de estudos de caso fornecerá uma visão holística do fenômeno estudado se forem utilizadas múltiplas fontes para a coleta dos dados. A utilização de fontes documentais, entrevistas e observações irão conferir maior rigor aos estudos de caso.

4.2.2.1 Situação de ensino e aprendizagem de Física - apresentação do objeto de ensino

Nesta categoria foram enquadrados quatro dilemas (dilemas 1, 2, 3 e 4) ambos tratavam do papel do professor frente as estratégias de ensino com ênfase na aprendizagem cooperativa.

a) Teoria Direta

Quanto ao questionário de dilemas apenas uma resposta correspondente a este perfil foi registrada. Quanto às entrevistas, cinco fragmentos de fala se enquadram nesse perfil. Dois deles são apresentados a seguir:

Eu associo principalmente a dificuldade com a matemática, você vê que eles têm muita dificuldade na base da Matemática. A teoria da Física eles até compreendem, quando a gente explica o que acontece, o fenômeno, porque acontece, bota um exemplo eles entendem. Quando a gente vai pra parte da aplicação da Matemática, das fórmulas aí eles engancham um pouquinho, sentem dificuldade. Você vê em operações básicas mesmo né, em potenciação, de notação científica, gráfico, as fórmulas em si, essa na minha opinião é a maior dificuldade deles (Professor B, grifos nossos).

Primeiro de tudo eu faço uma... uma quando eu tô em conteúdo novo, a gente faz... eu faço uma abordagem mais resumida do conteúdo, aí nessa abordagem eu começo trabalhando com questões. Dou a teoria, trabalho com a questão e aí eu abro espaço, geralmente eu começo resolvendo as questões, explicando alguma coisa e a gente abre um espaço para que tenha a participação dos alunos (Professor C, grifos nossos).

As verbalizações indicam a necessidade de base matemática como fundamental para uma aprendizagem efetiva, além de revelarem conforme Pozo et al. (2006) que dadas as condições básicas ao estudante a aprendizagem ocorreria naturalmente. A exposição ao conteúdo e a repetição a partir dos exercícios garantiriam os resultados da aprendizagem independentemente de quem, o quê e, como se aprende.

b) Teoria interpretativa

Conforme os Quadros 7 e 8 nenhum dos professores marcaram respostas neste perfil, assim como nas entrevistas também não identificamos fragmentos de fala que tivessem relação explícita com ele.

c) Teoria construtiva

A partir do Quadro 7 podemos perceber que 91,66% das respostas obtidos com base no questionário de dilemas se enquadram nesse perfil. Porém nas entrevistas não foram encontrados fragmentos de fala que se referisse a teoria construtiva.

4.2.2.2 Estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa

Nesta categoria foram enquadrados dois dilemas (dilemas 5 e dilema 8) ambos abordavam o papel do professor frente as estratégias de ensino com ênfase na aprendizagem cooperativa.

a) Teoria Direta

No questionário de dilemas não foram registradas respostas nesse perfil (Quadro 7). No entanto em relação as entrevistas identificamos um fragmento de fala que explícita o papel do professor frente a uma situação de ensino. Como segue:

[...], a gente prepara pro mercado mas também tem que preparar pra vida social da pessoa, então primeiro em sala de aula permite isso o senso crítico, pensar, o desenvolver o correr atrás da solução e fora a gente permite essa relação interpessoal, facilita bastante. [...] tive a oportunidade de aplicar você percebeu, não sigo em todas as aulas depende muito se o conteúdo for novo então eu tenho que fazer um embasamento antes pra depois cair na resolução de questões aí divido a sala [...] (Professor C, grifos nossos).

Nesse fragmento de fala fica implícito que o papel do professor consiste em explicar o conteúdo, aplicar diversos exercícios para fomentar a capacidade de compreensão do tema pelos estudantes. Além disso, o professor não está interessado em favorecer discussões e análises acerca do objeto de aprendizagem, seu compromisso é com o cumprimento do programa estabelecido para cada série independentemente do desenvolvimento de estratégias que favoreçam o raciocínio e a compreensão significativa de cada conteúdo.

b) Teoria interpretativa

No questionário não houve marcação de respostas correspondentes ao perfil. Por outro lado, nas entrevistas dos cinco fragmentos de fala elencados nessa categoria, três foram consideradas diretamente relacionados a teoria interpretativa.

Aprendizagem cooperativa, assim quando a gente coloca o aluno mesmo pra ser protagonista não é, assim quando ele, quando eles aprendem com eles mesmos uns com os outros em equipe trabalhando atividades, trabalhando um aluno... por exemplo os monitores. A disciplina tem seis monitores, quando tá... quando a gente termina um assunto que marca uma avaliação eles mesmos pedem pra fazer uma revisão, a gente pode fazer uma revisão com a turma ah, eles gostam muito disso. Eles mesmos dizem não, eu entendo melhor com o monitor do que com o professor muitas vezes (Professor B, grifos nossos).

Não... não. O meu trabalho foi sobre células cooperativas, mais assim... era mais voltado para o ensino Física, Biologia, Química e Matemática né... e a gente... professora M ela tem um projeto aqui onde ela escolhe monitores os que tem mais facilidade nessas áreas, aí ficam liderando a sala, o professor passa uma atividade eles podem ficar circulando ajudando os outros e funciona muito isso (Professor C, grifos nossos).

Eu acho que é principalmente assim é trabalhar em equipe. Não sei se... lá no 2º C... não sei de se você estava no dia que eu fui aplicar o trabalho... é muitas vezes eles perguntam se podem fazer sozinhos o trabalho em dupla o trabalho em equipe eles querem fazer sozinhos né. Muitos deles não sabem trabalhar em equipe fazer um trabalho em equipe, seja prova seja um seminário seja uma apresentação, eu acho que essa aprendizagem cooperativa ajuda muito nisso naturalmente eles vão começar a interagir uns com os outros para trabalhar em equipe (Professor B, grifos nossos).

Com base nas verbalizações podemos compreender que a participação ativa dos estudantes assume papel relevante no processo ensino-aprendizagem, todavia conforme esse perfil os professores não implementam atividades que favoreçam a cooperação, pois o foco está no programa tendo em vista que o sistema exige o cumprimento deste.

c) Teoria construtiva

No questionário 100% das alternativas marcadas correspondem ao perfil construtivo. No tocante as entrevistas, não foram localizados fragmentos de fala que pudessem ser enquadrados nesse perfil.

4.2.2.3 Estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão

Para a discussão acerca dessa categoria utilizamos os dilemas 6 e 7 em que pretendíamos perceber qual a visão dos professores quando da aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa e da participação dos estudantes como sujeitos ativos inseridos no processo ensino-aprendizagem.

a) Teoria Direta

Com base no Quadro 7 não foram registradas respostas concernentes a esse perfil. De modo diferente em relação as entrevistas obtivemos três fragmentos com características desse perfil.

Eu procuro sempre incentivar os alunos é... mostrando o conteúdo que vai ser cobrado, o que eles precisam saber e mostrando assim uma forma pra eles fazerem pesquisa, [...], e então são duas aulas por semana que não é suficiente aí eu passo o

conteúdo nas duas aulas nas outras duas aulas eu as vezes cobro mais um conteúdo eles ficam com dificuldade por que não estudam em casa não fazem pesquisa, [...] (Professor A, grifos nosso).

Seria *mais uma maneira de atingir o máximo de alunos*, né porque você vê que são quarenta meninos, cada um tem sua individualidade, cada um tem sua maneira de aprender um aprender mais rápido um demora muito pra aprender mais do que os outros. *Uns aprendem mais com explicação, na hora que você tá explicando, resolvendo exemplo outra aprende quando vai fazer atividade* [...] (Professor B, grifos nosso).

Deixar o aluno protagonista... é... ah... ah... [...] *é deixar o aluno protagonista* [...], quando você proporciona *isso para o aluno de ele liderar de conversar de interagir com outras pessoas da sala mesmo ou de outra sala também* a gente desperta isso no aluno, é... é... ser protagonista não depender apenas do professor é [...] (Professor C, grifos nosso).

De acordo com as verbalizações apresentadas acima intui-se que o professor possui papel preponderante durante todo o processo de ensino, constituindo-se como agente principal na construção do conhecimento, sendo dado ao aluno participar de trabalhos em grupos com roteiro de atividade designada pelo professor.

b) Teoria interpretativa

Não foram registradas respostas relacionadas a esse perfil no questionário de dilemas. Entretanto na entrevista quatro fragmentos de falas possuem elementos da teoria interpretativa. Vejamos:

[...] aluno que tem dificuldade para falar, então se... *se mudar, um dia um for redator o outro for relator*, ele vai aprender a escrever, o redator tem que ter uma letra legal pra que o colega consiga ler. *Então aquele aluno que não quer falar por que tem vergonha, vai chegar um dia que ele vai ter que falar, por que troca as funções, o outro tem que ir ao quadro pra poder.* (Professor A, grifos nosso).

Pronto eu... *geralmente eu costume perguntar pra eu...* a participação deles né, até mesmo daqueles que eu vejo que não estão muito ligados na aula, *levanta pergunta, alguma coisa que eu acabei de falar né pra ver pra chamar atenção* (...). E aí nesse momento surge também a participação dos outros, porque às vezes esse que não tava lá ligado não sabe, mas (...), *surge ali né a participação deles* (Professor B, grifos nosso).

Tem... *tem que ter por que aí eu abro espaço, eu crio essa confiança deles comigo.* E ele não me vendo apenas como professor... professor de Física Professor C, ele me vendo assim mais ou menos como um parceiro nessa caminhada da educação aí facilita mais o aprendizado, *eu acho que ele cria mais essa confiança abre espaço pra perguntar e tudo mais* (Professor C, grifos nosso).

Se o aluno chegar mais próximo do professor ele cria uma relação de confiança e [...], *as vezes ele não tem tanta relação com o professor, mas com o colega do lado ele tem e fica mais fácil essa relação de conteúdo, de distribuição de conteúdo e tarefa.* Aí eu procuro fazer isso, primeiro eu quebro essa barreira [...] (Professor C, grifos nosso).

Nessa perspectiva de acordo com os trechos em destaque a participação dos estudantes deve ser considerada, porém fica evidente que não são criados espaços sistemáticos e rotineiros para que os estudantes possam interagir entre os pares. Percebe-se que se prioriza a interação professor estudante, esta na maioria das vezes constituída como uma relação unilateral e vertical de modo que as discussões estão limitadas aos questionamentos impostos pelo professor.

c) Teoria construtiva

No questionário de dilemas todos os professores optaram pela alternativa relativa ao perfil construtivo. Porém, quanto as entrevistas apenas um fragmento de fala foi enquadrado nesse perfil. Vejamos três deles:

[...] um aluno quando ele passa o conhecimento dele pro outro colega então não precisa ser só o professor e porque as vezes o professor explica e da forma que ele explica o aluno não entende mas se o colega explicar ele vai entender, então facilita nisso por que um vai repassando pro outro o que ele entendeu, então ele vai aprender mais rápido, por que um repassa pro outro. E, também assim o aluno ele se torna independente, ele pode ele tem condição de estudar sem o professor (Professor A, grifos nosso).

Este excerto permite-nos inferir que se deve buscar estruturar as atividades pedagógicas propostas aos estudantes na perspectiva de proporcionar aos discentes a oportunidade de atuarem como sujeitos ativo na construção da sua própria aprendizagem.

4.2.2.4 Estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula

Esta categoria comportou apenas um dilema (dilema 9) cujo objetivo visava identificar a percepção dos professores quanto a estrutura e a dinâmica da sala de aula quando da utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física.

a) Teoria Direta

No questionário não houve registro de respostas relacionadas com esse perfil, enquanto nas entrevistas identificamos dois registros de fragmento de fala que se enquadram no perfil direto. Vejamos:

[...] então assim é muito complicado pra fazer esse plano e também pra puder fazer tudo no tempo correto, tudo assim naquele, pra não... não deixar tempo da aula pra que o aluno não fique disperso, fica muito complicado principalmente quando é aula

de cálculo, por que as vezes você tem que explicar mais, por que o aluno não entendeu, ai aquele plano que você fez praquele tempo ai vai passando ai você não consegue concluir, [...] fica quebrado, ai desorganiza, ai você prepara pra uma turma, o plano ai uma turma consegue, outra turma não consegue ai fica sempre uma turma diferente da outra (Professor A, grifos nosso).

Assim, logo quando eu chego na sala eu observo que a... *desorganização que o professor da aula anterior deixou, as células não estão formadas, o ambiente não está organizado, ai você tem que organizar, colocar os alunos nas células, ai já demora um tempinho* da aula e também os *alunos que as vezes não querem cooperar não aceitam a função que... que é determinada pra ele* (Professor A, grifos nosso).

De acordo com as verbalizações a utilização de estratégias cooperativas requer o planejamento das atividades que deverão ser aplicadas junto aos estudantes, o que na maioria das vezes resulta em um trabalho difícil de ser executado.

b) Teoria interpretativa

Conforme Quadro 7 não foram verificadas respostas associadas a teoria interpretativa no questionário de dilemas, porém nas entrevistas obtivemos um fragmento de fala que se adequa ao perfil interpretativo.

É desenvolver a parte assim, pra ajudar o colega é e também à responsabilidade principalmente, *por que quando você passa uma atividade na aprendizagem cooperativa cada um é recebe uma função, ele tem que cumprir aquela função* então ele vai ficar um aluno responsável, um aluno que pode ajudar o outro, ele vai ter condições de ajudar *ele não vai ter o conhecimento só pra ele, aquela coisa competitiva que só eu quero ser o melhor é só eu que tem que saber, não ele vai repassar pra outro colega o que ele aprendeu* e ele vai se tornar uma pessoa mais humana. (Professor A, grifos nosso).

c) Teoria construtiva

Conforme o Quadro 8 no questionário de dilemas todos os registros de marcações estão relacionados ao perfil construtivo. Enquanto nas entrevistas não registramos fragmentos de fala com características dessa teoria.

4.2.2.5 Estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem

Nesta categoria pretendemos a partir do dilema 10 identificar as concepções alternativas dos professores acerca do processo de avaliação e do monitoramento das atividades durante a execução de uma aula com a metodologia da aprendizagem cooperativa.

a) Teoria Direta

Nesse perfil não foram registradas respostas no questionário de dilemas, contudo em relação as entrevistas um fragmento de fala enquadrou-se nesse perfil.

Aqui a gente tem três modelos de avaliação, a gente tem o que eles estão fazendo agora, inclusive hoje é a prova global, são dez questões, eles realizam as dez questões, são dez questões fechadas, aí tem a prova parcial que são sete questões fechadas e três questões abertas né objetivas e subjetivas, aí tem o fator de ajuste que aí o professor quem decide o que é que vai atribuir ao aluno, mais assim a gente tem que sair muito desse tradicional (Professor C, grifos nosso).

Percebe-se com essa fala que todo o trabalho pedagógico converge para a aplicação de um teste englobando todos os conteúdos abordados durante o período, podendo a nota final ser composta de uma nota parcial mais uma nota global.

b) Teoria interpretativa

Quanto ao questionário de dilemas não registramos respostas nesse perfil, porém após análise das entrevistas registramos dois fragmentos de fala que apresentam indícios desse perfil.

Ele é importante porque pra saber se algum aluno ficou com dificuldade em um conteúdo, se algum não fez sua, sua... seu papel correto dentro da célula. Então eu faço sempre no final assim... quase no final do bimestre, mas eu não faço por escrito, a gente só conversa. Como foi, desenvolveu bem, não essa célula aqui não conseguiu porque meu colega não fez as atividades, ele não quis, ele faltou. Então é importante para saber o que aconteceu em cada da célula (Professor A, grifos nosso).

Ah isso aí é... o professor ele pode ser reorganizar é muito bom, é muito importante é a relação professor-aluno, esse feedback é muito importante tem que ter é a relação... é vamos dizer assim é o termômetro do professor. A aula foi boa, não foi onde é que eu vou melhorar, como é que eu vou mudar meu plano de aula, o que é que eu devo acrescentar o que é que eu devo tirar o que foi importante o que não foi, é muito importante. E bem dividido, se for dividido por célula mesmo eu não foco só em um aluno eu foco na célula... é muito interessante, facilita bastante (Professor C, grifos nosso).

No perfil interpretativo de acordo com García e Pozo (2017) o foco da avaliação está voltado para identificar como ocorreu a reprodução fiel do conhecimento pelo estudante, bem como valorizar o esforço demandado.

c) Teoria construtiva

Quanto ao questionário de dilemas todos os professores registram marcações referentes a teoria construtiva. Enquanto nas entrevistas nenhum fragmento de fala estava relacionado com esse perfil.

4.2.3 Etapa III: Síntese geral dos principais resultados do Estudo II

Nesta subseção procuraremos fazer o cruzamento dos principais resultados encontrados no Estudo II a partir da análise do questionário de dilemas e das entrevistas, bem como buscaremos identificar possíveis divergências entre os dados obtidos através de cada instrumento. Inicialmente apresentaremos os resultados da nossa análise para cada categoria proposta (BARDIN, 2011) tendo em vista o referencial teórico das teorias implícitas de Pozo et al. (2006) e em seguida destacaremos os principais achados acerca do Estudo II que consistiu em investigar: posturas dos professores quanto ao conhecimento e aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física (questionário de dilemas e entrevista) e, posturas dos professores de Física frente aos obstáculos enfrentados na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa nas suas aulas (entrevista e observação).

Na primeira categoria “situação de ensino e aprendizagem de Física - apresentação do objeto de ensino” evidenciamos que os extratos de verbalizações contrastam com os resultados obtidos a partir do questionário de dilemas. Verificamos que 91,66% das respostas ao questionário de dilemas enquadrava-se no perfil construtivo, no entanto não foram registrados fragmentos de fala nesse perfil. As respostas dos professores às entrevistas revelaram que para esses docentes a aquisição do conhecimento científico e, por conseguinte a aprendizagem ocorre quando o estudante é submetido a situações envolvendo problemas reais ou idealizados similares aos que enfrentará fora da escola. Cabe ao professor explicar com clareza o conteúdo a ser aprendido e em seguida atribuir uma série de exercícios para que os estudantes pratiquem e assim possam incorporar à sua estrutura cognitiva as estratégias necessárias para resolução de outras situações similares.

Quanto a segunda categoria “estratégias de intervenção: postura dos professores frente à aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa” enquanto as respostas ao questionário de dilemas tiveram como foco o perfil construtivo. Por outro lado, a análise das falas dos professores situa-as no perfil interpretativo revelando que na concepção desses docentes a aprendizagem é concebida como um produto que pode ser claramente identificado pelo professor e, se dá pela exposição do estudante ao conteúdo a ser ensinado, sendo o conhecimento concebido como uma reprodução fiel daquilo que se pretende ensinar.

Em relação a terceira categoria “estratégias de intervenção: criação de espaços de discussão” as respostas ao questionário de dilemas concentraram-se no perfil construtivo, porém em relação as entrevistas sobressaíram-se os perfis direto e interpretativo. Nesses perfis a participação dos estudantes deve ser considerada, todavia nem sempre é possível essa interação, em virtude da necessidade de cumprimento do programa estabelecido. Para isso o professor precisa estar no centro do processo e assumir o protagonismo durante as aulas.

Para a quarta categoria “estratégias de intervenção: estrutura e organização da sala de aula” percebemos certo grau de equilíbrio (perfil direto, interpretativo e construtivo) nas respostas obtidas a partir dos dois instrumentos utilizados para coleta de dados, entretanto deve-se considerar que durante as observações as aulas não apresentaram uma estrutura dialógica em que todos tivessem assegurado o direito equitativo à participação na execução de cada momento da aula. As atividades propostas não favoreceram a interação entre os pares e conseqüentemente momentos de construção do conhecimento pelos próprios estudantes.

Por fim a quinta categoria “estratégias de intervenção: monitoramento e avaliação do processo ensino-aprendizagem” nos permitiu identificar que em relação ao monitoramento e avaliação das atividades propostas pelos professores assim como nas demais categorias as respostas ao questionário de dilemas concentraram-se no perfil construtivo enquanto que nas entrevistas os fragmentos de fala adequaram-se ao perfil interpretativo. De acordo com esse perfil a avaliação deve buscar identificar como ocorre a reprodução do conhecimento e sobretudo valorizar o esforço individual do estudante. Assim, todo trabalho pedagógico deve convergir para a aplicação de um teste englobando os conteúdos abordados durante o período considerado, podendo a nota final ser composta de uma nota parcial mais uma nota global.

Diante disso, o Estudo II revelou que nas escolas pesquisadas apesar da disposição dos estudantes em células cooperativas as atividades propostas pelos professores apresentam fortes características do trabalho em grupo. O estudo evidenciou ainda que não há estruturação das atividades seguindo os pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa. Conforme descreveremos a seguir.

O primeiro elemento a ser considerado pelo professor antes do início de qualquer atividade cooperativa consiste no estabelecimento do contrato de cooperação, que por sua vez consiste na atribuição de funções ou papéis específicos para cada estudante dentro da célula. Quanto ao contrato de cooperação, quando este fora elaborado por um dos docentes colaboradores desta pesquisa não fora cumprido adequadamente pelos estudantes.

Estabelecido o contrato de cooperação, para que qualquer atividade cooperativa possa ocorrer de forma satisfatória o professor precisa deixar claro aos estudantes quais serão os

objetivos a serem alcançados com atividade proposta, bem como quais as metas que deverão ser atingidas coletiva e individualmente no final do seu projeto de aprendizagem. Não foi possível durante as observações perceber a presença desses elementos durante as aulas observadas nas escolas pesquisadas.

Estabelecidas às metas coletiva, individual e os objetivos da atividade, o professor deve definir que tipo de estratégia cooperativa irá adequar-se melhor ao propósito da sua aula. Em seguida estabelecem-se os critérios de avaliação individual e grupal e quais os elementos da aprendizagem cooperativa estarão presentes na avaliação, além do programa da disciplina. Não foi possível identificar a presença desses elementos durante observação da execução das atividades pelos professores.

Evidenciamos em todas as escolas pesquisadas a formação dos grupos cooperativos, porém não percebemos a implementação de estratégias de cooperação. Não é dado tempo para que os estudantes pensem sobre os problemas a serem resolvidos. Aos estudantes não é dada a possibilidade de tentar/com vistas a construção da resposta. Ressaltamos que mesmo nas atividades em que não houve a divisão das turmas em pequenos grupos os estudantes procuravam os colegas para compartilhar seus conhecimentos.

Quanto a utilização de métodos da aprendizagem cooperativa ficou evidenciado a partir do Estudo II que os professores não dispõem de um repertório de estratégias sobre a temática e que durante a implementação de algumas dessas estratégias a execução não seguiu as orientações que a metodologia pressupõe, como por exemplo quanto ao número de membros por célula e ao tempo destinado para cada atividade.

No que concerne ao processo de monitoramento e avaliação das atividades pelos professores este deve ser sistemático e rotineiro sempre que uma atividade cooperativa estiver em execução. Pudemos observar em todas as escolas que os professores estão em constante processo de feedback com os estudantes, porém a avaliação da rotina dos discentes não ocorreu como pressupõe as diretrizes da metodologia, tendo em vista a consecução de uma avaliação formativa. Conforme mencionado anteriormente, ao término de cada período letivo estabeleceu-se um período para aplicação de testes padronizados que contemplem as temáticas abordadas até o momento. Logo, durante as observações, quanto a avaliação e monitoramento das atividades, não foi possível evidenciarmos as dimensões formativas e processual da avaliação, importantes para a construção de uma formação integral do estudante.

Por fim, não existe uma sistematização das atividades com vista ao cumprimento do tempo estipulado para cada atividade o que pode gerar dispersão entre os estudantes e ineficácia da metodologia, não há o estabelecimento de meta coletiva ou individual, não há critérios para

a avaliação. Logo, quando a atividade não segue a estrutura cooperativa, isto é, os estudantes não têm papéis definidos e não é estabelecida uma meta a fim de que a interdependência positiva possa surgir e, por conseguinte a interação face a face, alguém vai ficar de fora da atividade, alguém assume a liderança na execução da atividade, este resolve e não obstante passa a resposta para os demais.

Em suma, as atividades atribuídas pelos professores aos estudantes não seguem uma sistematização com vistas ao cumprimento de metas, ao alcance de um objetivo comum pelo grupo, tampouco são monitoradas e avaliadas de modo efetivo. Descreveremos de maneira sintética como relacionamos os resultados obtidos a partir do questionário de dilemas e das entrevistas em cada categoria.

4.3 Estudo III: Aplicação de uma proposta de ensino sobre as leis da Termodinâmica pautada nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa em uma escola

Conforme mencionamos na subseção 2.1.3 desta dissertação a metodologia da aprendizagem cooperativa acarreta benefícios acadêmicos, melhora a qualidade dos relacionamentos e promove o ajustamento psicológico, além de se adequar com sucesso a todas as disciplinas e modalidades de ensino. Por outro lado, conforme, Monereo e Gisbert (2005) a predominância do método expositivo inviabiliza a criação de espaços de discussão entre os pares, a produção e partilha de conhecimento e de experiências de mundo e, sobretudo não permite que o professor tenha acesso ao conhecimento prévio dos estudantes.

O Estudo II revelou que os três professores entrevistados detinham algum conhecimento acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa, no entanto elementos essenciais da cooperação não estavam presentes nas atividades planejadas e implementadas por esses professores no cotidiano dos estudantes. A análise das entrevistas revelou que a ausência de formações específicas para a utilização da metodologia pode ser a causa dessa divergência entre o que preconiza a estratégia e a prática docente.

Para Pozo e Crespo (2009, p. 19) a maior dificuldade enfrentada pelos professores de ciências ocorre devido à manutenção “de um tipo de educação científica que em seus conteúdos, em suas atividades de aprendizagem, em seus critérios de avaliação e, sobretudo, em suas metas” está profundamente arraigada apenas ao ensino tradicional pautado na transmissão oral do conhecimento.

Assim, durante as entrevistas constatamos que a inexistência de momentos formativos específicos para a metodologia da aprendizagem cooperativa consistia na principal dificuldade

enfrentada pelos professores. Diante disso e, tendo em vista a necessidade de respondermos a nossa terceira questão de pesquisa, desenvolvemos uma proposta pedagógica de ensino orientada pelos supostos da cooperação que foi aplicada por um dos três professores que participaram do segundo estudo em uma de suas turmas – 2ª série do ensino médio.

Adesão do professor participante do terceiro estudo ocorreu após uma conversa informal acerca da possibilidade de implementação de uma proposta didática de ensino elaborada a partir das orientações metodológicas da aprendizagem cooperativa como forma de contribuir para a formação continuada deste docente.

Após a aceitação do professor, nos reunimos para definir quais estratégias seriam utilizadas durante a execução das atividades propostas aos estudantes. Inicialmente propus ao professor a temática dualidade-onda partícula e o efeito fotoelétrico, porém após ouvi-lo acerca de alguns aspectos pedagógicos envolvendo os estudantes da 3ª série do ensino médio optamos por aplicar a proposta em uma turma da 2ª série abordando assim a temática Leis da Termodinâmica.

A aplicação da proposta pelo professor colaborador ocorreu em seis aulas de cinquenta minutos distribuídas em três encontros com duas aulas cada. As datas da aplicação das atividades 03/09, 10/09 e 13/09. Reiteramos a disponibilidade do professor em nos ajudar quanto a aplicação da proposta de ensino, tendo que negociar com outro professor para que as aulas fossem geminadas.

Ademais, salientamos que as três estratégias cooperativas utilizadas durante a intervenção pedagógica requeriam a formação de células com dois estudantes cada o que facilitou o nosso trabalho, pois a turma estava organizada desta forma. No Apêndice D consta a sequência didática aplicada pelo professor colaborador durante o Estudo III.

4.3.1 Etapa IV: Análise dos resultados da aplicação da proposta pedagógica de ensino sobre as Leis da Termodinâmica

Conforme mencionamos na seção 3.4.3 a proposta de ensino foi elaborada para ser aplicada em seis aulas de cinquenta minutos cada, distribuídas em três encontros de duas aulas. Neste subtópico descrevemos a sequência com que as atividades propostas foram realizadas durante execução da intervenção pedagógica, bem como algumas impressões acerca do desenvolvimento das aulas na perspectiva do professor colaborador.

4.3.1.1 O primeiro encontro: a primeira lei da termodinâmica e o princípio de conservação da energia

O professor iniciou o primeiro encontro orientando os estudantes quanto aos objetivos da atividade e a temática a ser abordada. Neste momento ressaltou a importância da cooperação e envolvimento deles nas atividades. Com o recurso do projetor multimídia e do computador deu-se início a uma breve discussão acerca de algumas formas de energia tendo em vista o princípio de conservação. Em seguida o professor passou à etapa de problematização onde os estudantes foram instigados a pensar sobre algumas questões acerca da temática Leis da Termodinâmica.

Encerada a problematização inicial deu-se início a primeira atividade cooperativa (método da fila cooperativa) que foi realizada a partir da leitura e discussão dos textos (**Texto 01**: As máquinas térmicas, a Revolução Industrial e o conceito de energia¹¹; **Texto 02**: A Força como princípio unificador e a quantificação do fator de conversão¹² e, **Texto 03**: Primeira Lei da Termodinâmica: Contexto histórico e energia¹³). Para isso, a turma devidamente orientada quanto à metodologia a ser utilizada foi organizada em células com seis componentes dispostos em duas filas com três estudantes (E1,1; E2,2 e E3,3 conforme Figura 1) cada. Assim, nos grupos base os alunos dispuseram de dez minutos para leitura dos textos.

A atividade prosseguiu com a alternância das filas, momento em que os estudantes puderam compartilhar com os colegas suas impressões e compreensões sobre o texto lido. Nesse momento houve um pouco de hesitação do professor em virtude de ser a primeira vez em que ela utilizava essa estratégia de ensino nas suas aulas. Para encerrar as atividades do primeiro encontro os estudantes foram submetidos a um teste individual englobando o conteúdo abordado até o momento. Após o teste individual foi realizado o processamento de grupo elemento essencial da aprendizagem cooperativa para a avaliação do processo ensino-aprendizagem.

4.3.1.2 O segundo encontro: a segunda lei da termodinâmica e o sentido para a conversão calor-trabalho-energia

¹¹ Brito et al. História da física no século XIX: discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 214-231, jul-dez 2014.

¹² _____ História da física no século XIX: discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 214-231, jul-dez 2014.

¹³ Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/39583147/primeira-lei-da-termodinamica>>. Acessado em 21 de março de 2019

O segundo encontro teve início com a retomada das discussões principiadas na aula anterior acerca da primeira lei da termodinâmica. Nesse momento ressalta-se a participação ativa dos estudantes nas discussões.

Em seguida o professor iniciou a segunda atividade cooperativa viabilizada através da estratégia cooperativa método dos pares. Nesse método cooperativo o tema de estudo foi fragmentado em dois subtemas distintos para que os estudantes em células pudessem interagir mutuamente e assim contribuir com a aprendizagem dos colegas.

Para essa atividade que tratava da segunda lei da termodinâmica foram utilizados dois fragmentos do texto *Sadi Carnot: Caminhos para o enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica*¹⁴. Após a leitura individual do texto cada estudante dispôs de dois minutos para discutir com o colega de célula a temática abordada em cada subtópico.

Encerradas as discussões nas células cooperativas o professor deu início a problematização acerca da temática da segunda lei da termodinâmica com ênfase nas discussões feitas nas células a partir da leitura dos textos propostos. O professor buscou mobilizar os estudantes a se envolverem ativamente nas discussões fazendo perguntas orais concernentes as temáticas abordadas.

Como forma de instigar os estudantes o professor recorreu a algumas situações problema concernentes a segunda Lei da Termodinâmica, tais como: é possível construir uma máquina térmica que converta integralmente calor em trabalho?; se só uma parte do calor foi convertido em trabalho em uma máquina térmica, para onde foi o resto? e, como sabemos o quanto pode render uma máquina térmica?

Esse momento mostrou-se muito rico em virtude da participação ativa dos estudantes, tendo em vista as leituras anteriores e as discussões nas células cooperativas. Encerrada a problematização os grupos foram desfeitos e os estudantes submetidos a um teste individual com questões de múltipla escolha que foi resolvido e entregue ao professor.

Após a conclusão do teste individual os grupos são refeitos e os estudantes realizam a segunda atividade cooperativa (método dos pares) que consistiu na aplicação do teste cooperativo com questões de múltipla escolha elaborado a partir da temática segunda lei da termodinâmica.

O teste cooperativo objetivou a consolidação das discussões concernentes ao conteúdo estudado, bem como a preparação dos estudantes para o próximo encontro de encerramento da

¹⁴ PASCOAL, A. S. A evolução histórica da máquina térmica de Carnot como proposta para o ensino da segunda lei da termodinâmica. (Dissertação de Mestrado). Campina Grande, agosto de 2016.

unidade didática. Ressaltamos que não foi possível a elaboração do processamento de grupo com os estudantes.

4.3.1.3 O terceiro encontro: encerramento da unidade didática leis da termodinâmica

Para encerramento da unidade didática leis da termodinâmica, no terceiro encontro o professor iniciou as atividades fazendo uma discussão geral acerca das temáticas abordadas nos encontros anteriores com o objetivo de mobilizar os estudantes para as etapas seguintes da terceira atividade cooperativa (método teste cooperativo).

Encerrado esse momento mediado pelo professor os pares foram desfeitos e o estudantes resolveram individualmente um teste (atividade individual I) contendo questões de múltipla escolha abrangendo todo o conteúdo explorado até o momento. Concluída a primeira atividade individual cada estudante entregou o gabarito ao professor.

Os estudantes foram organizados em pares para resolverem cooperativamente as mesmas questões contempladas na atividade individual I. Após as discussões um novo gabarito foi gerado e entregue o professor. Este gabarito poderá ser utilizado pelo professor posteriormente para confrontar as respostas obtidas nas duas atividades anteriores e assim identificar, o nível de aquisição conceitual dos estudantes e as potencialidades das discussões em grupo.

Encerramos as atividades com os pares sendo desfeitos e os estudantes realizando a segunda atividade individual (atividade individual II) também com questões de múltiplas escolhas, porém diferentes das questões utilizadas anteriormente.

O professor encerrou o terceiro encontro propondo que os estudantes preenchessem um formulário – processamento de grupo – com o intuito de avaliar a forma como as atividades foram desenvolvidas e quais as impressões de cada estudante acerca da sua participação enquanto agente ativo na construção do próprio conhecimento.

4.3.2 Relato do professor acerca das suas impressões quanto a aplicação da proposta de ensino

Nesta subseção apresentamos as impressões do professor participante do Estudo III acerca do desenvolvimento e aplicação da proposta de ensino. Para isso, recorreremos mais uma vez a entrevista gravada, desta vez com questões abertas, que objetivaram a avaliar todas as etapas da intervenção, desde a elaboração até sua aplicação com os estudantes. Na entrevista

indagamos quanto: (i) a proposta de ensino; (ii) a participação dos estudantes; (iii) o papel do professor durante a aplicação da proposta e, (iv) as impressões do professor acerca da metodologia da aprendizagem cooperativa para o ensino de Física e, (v) as impressões do professor acerca a metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didática.

01. Quanto a proposta de ensino:

a) Quais os pontos fortes?

Eu percebi que os meninos eles desenvolvem uma autonomia não é, porque é ... é diferente o professor chegar e entregar o conteúdo pronto pra eles né, fazer o resumo no quadro explicar. É diferente da gente entregar uma lista com... um texto pra eles lerem e discutir com o colega não é, eu acho que isso dá uma autonomia maior para eles e também se torna bem mais, bem mais atrativo para eles mesmos não é, porque eles ficam com aquela preocupação de ler de entender pra discutir depois com a dupla e com isso eles acabam entendendo e construindo realmente e, chegando realmente onde a gente quer chegar não é.

b) Quais os pontos fracos? Em relação ao material por exemplo.

Eu acho que assim eu, a gente... pequei um pouquinho na aplicação porque como é a primeira vez não, é eu estou aprendendo e assim pra monitorar direitinho pra organizar aquela troca de fila, troca de dupla, só isso mesmo acho que só com a prática que a gente vai aperfeiçoando. Mas a metodologia é muito interessante realmente é uma aprendizagem cooperativa, o nome já diz tudo.

c) As orientações para execução das atividades foram claras? O plano de atividades estava claro?

Sim, dependendo da turma eu acho que a gente vai adequando, o tempo por exemplo, tem turma que para ler um texto precisa de cinco minutos, tem turma que precisa um pouco mais essas, coisas vai adequando de turma pra turma, mas o planejamento estava muito tranquilo.

02. Quanto à participação dos estudantes:

a) você percebeu alguma diferença em relação às tuas aulas anteriores sem a utilização da metodologia?

Pronto, a turma já é bem participativa em si, mas percebi sim, trouxe bem mais a participação deles e a ação deles na aula ao invés de ficarem só sentados ouvindo e perguntado alguma coisa eles realmente participam da aula.

b) As estratégias utilizadas durante a aplicação da proposta favoreceram a interação entre os estudantes? Favoreceram a criação de espaços de discussão entre eles?

Bastante, porque assim a discussão era entre eles não é, mas assim, a gente sempre estava ali olhando, monitorando, ouvindo algumas coisas e realmente a gente percebe que eles leem, que eles entendem mesmo o que o texto está dizendo e as vezes a gente não acredita nisso não é, a gente acha que o aluno só aprende se a gente for lá e disser como é, às vezes não dá oportunidade deles mesmos construírem, deles compreenderem o texto [...], mas assim eu percebi que alguns eu até fiquei surpresa com a discussão entre eles por que eles pegam o mesmo a ideia principal do texto juntando com o que a gente está discutindo em aula e aí eles pegam a mesma ideia do conteúdo só com aquela leitura e com a discussão entre eles alguns me surpreenderam na discussão.

c) Durante a aplicação da proposta, você percebeu a superação daquela dificuldade mencionada por você na entrevista quanto a resistência de alguns estudantes em trabalhar em equipe?

Pronto, acho que foi uma oportunidade [...] porque lá tem um, um aluno que não consegue interagir muito com os outros e assim acho que ajudou bastante na hora da troca de fila porque ele pôde conversar com um, depois conversar com outro, interagir mais. Ainda tem esse problema lá não é, porque é muito difícil de resolver, não sei como é aquilo [...] ainda tem, mas eu acredito que essa metodologia é uma oportunidade de ir melhorando isso aí aos pouquinhos.

d) Como você percebeu o envolvimento dos estudantes nas atividades durante a aplicação da proposta?

A participação não foi 100% não é, porque nunca é 100%, mas a maioria conseguiu participar, eles são... eles são muito curiosos esses meninos lá da turma, eles gostam muito de estudar, as listas eles sempre, as vezes não dá tempo, mas eles levam para casa e depois eles veem tirar

dúvidas com alguma questão que não conseguiram, fica cobrando não é, se eu chegar com outra lista eles ficam perguntando e aquela outra a senhora vai comentar, porque tem uma questão que eu não consegui não é, então..., as atividades também de sala, de leitura, de debates entre eles, a maioria conseguiu participar, teve uma minoriazinha que, mas sempre tem.

03. Quanto ao papel do professor durante o desenvolvimento da proposta:

a) Como você se percebeu durante a execução das atividades?

Como é a primeira vez que a gente está aplicando, assim eu percebi que é tão bom para eles como pra gente também por que fica mais leve a aula não é, por que ao invés de você levar tudo pronto eles é quem constroem parte desse conhecimento, e a gente vai monitorando só, vai ajudando, orientando então... e a gente aprende muito com eles também, tem coisas que eles leem no texto e que eles [...] fazem interpretação que eu não faço na leitura, além de tornar a aula mais leve pra mim e pra eles eu também aprendo muito com eles.

b) O que dificultou o desenvolvimento do seu trabalho durante a aplicação da proposta?

Acho que assim, a gente tem que procurar seguir mais o planejamento tentar, por exemplo, a gente dividiu o tempo certinho de cada tarefa e muitas vezes eu não consegui seguir aquele tempo, a gente ultrapassou, eu acho que eu tenho que procurar treinar mais isso, e enxugar mais para poder seguir o planejamento do jeito que a gente planejou não é [...], até porque tem a parte em que os meninos vão fazer a parte deles então não precisa a gente entregar tudo pra eles pronto não é. E as outras coisas é que não estão ao alcance da gente, algum evento que atrapalha a aula. Depois das bimestrais eu acho que quase não entrei em sala, tem muito evento aqui e [...] e acaba atrasando o trabalho da gente.

04. Quanto à metodologia da aprendizagem cooperativa para o Ensino de Física:

a) Você acha que é viável e possível a utilização da metodologia da aprendizagem cooperativa nas aulas de Física?

Com certeza até já comecei a aplicar algumas coisas em outras turmas. [...] usando o livro porque aqui é assim pra tirar xerox é complicado, tirar muita xerox e aí eu uso os textos do livro fiz aquela divisão para ler e depois debater com o colega. A atividade do livro também pra eles

resolverem e depois discutir com os colegas... comparar as respostas, quem errou e assim dá muito certo a aula fica bem mais interessantes [...] eles ficam mais atentos e ativos.

b) Levando em consideração os cinco elementos da aprendizagem cooperativa durante as aulas você conseguiu perceber a presença de algum desses elementos?

Sim, essa interação entre eles não é, de um ter o seu entendimento do conteúdo... do texto, das questões e depois dividir com os colegas. Porque às vezes eles [...] com o professor explicando [...], mas quando um colega vem explicar da maneira deles, eles conseguem entender melhor, e essa interação entre eles acho que é bem importante, bem interessante, isso refletiu até nos resultados das bimestrais que foi a primeira lei, não ficou ninguém lá em recuperação, todo mundo atingiu [...] muitos fecharam a prova, tiraram dez.

c) Após a conclusão das atividades você poderia citar alguma dificuldade surgida durante a aplicação da proposta em relação a metodologia da aprendizagem cooperativa?

Só aquilo mesmo que eu falei a organização da metodologia, mas isso aperfeiçoa com a prática, aprendendo a monitorar melhor na troca de fila organizar melhor... mas foi tranquilo.

05. De maneira geral quais as suas impressões sobre a metodologia da aprendizagem cooperativa e sobre a proposta de ensino?

É uma metodologia muito... interessante pra gente utilizar assim, não é tão complicado é uma coisa simples e que surte efeito bem legal na turma não é, porque traz uma oportunidade deles participarem mais, gera uma autonomia que ... na aula tradicional a gente não tem não é, os meninos... a participação deles é só de perguntar alguma coisa e a gente sempre fica na frente explicando entregando o conteúdo pronto para eles não é. Com essa metodologia a gente percebe que não precisa a gente entregar tudo 100% pronto a gente vai mostrando os caminhos e eles é que vão fazendo a leitura entendendo, discutindo com os colegas, construindo o próprio conhecimento deles, de uma forma simples que dá para usar tranquilamente sem nenhum problema.

A proposta foi muito eficiente não é, o processo é tudo trabalhadinho desde a participação do professor até a participação do aluno, entre eles depois entra o professor novamente. Eu acredito que é uma proposta bem eficiente na construção do conhecimento para que eles possam realmente entender o conteúdo de Física.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral que orientou o desenvolvimento desta pesquisa foi o de compreender como a metodologia da aprendizagem cooperativa vem sendo implementada nas aulas de Física por professores de três escolas públicas do estado do Ceará. Neste capítulo pretendemos sintetizar alguns resultados e interpretações importantes identificados no decorrer da pesquisa, que possam fornecer ainda que de forma não conclusiva, respostas para às questões que nortearam este trabalho, assim como apontaremos algumas possibilidades para futuras pesquisas acerca da temática. Vamos a primeira questão:

(i) Até que ponto os professores de Física que estão inseridos no contexto de uma escola que adota metodologia da aprendizagem cooperativa como estratégia didática de ensino-aprendizagem utilizam essa abordagem nas suas aulas?

A análise dos dados levantados a partir do Estudo II revelou que nas escolas investigadas, as atividades pedagógicas estiveram centradas na figura do professor, com predominância da exposição oral, não sendo dada aos estudantes a oportunidade de participar ativamente na construção do conhecimento. Pudemos perceber também que as atividades não favoreceram a criação de espaços de discussão e, por conseguinte a interação face a face e a interdependência positiva, aspectos importantes para a construção conceitual.

Apesar das escolas disporem os estudantes em células cooperativas de aprendizagem, quando confrontamos o discurso dos professores – através do questionário de dilemas e da entrevista – com a prática cotidiana a partir das observações *in loco* as atividades pedagógicas implementadas não apresentaram os elementos essenciais da aprendizagem cooperativa, sendo caracterizadas como trabalho em grupo. Apesar dos três professores terem conhecimento destes elementos.

Quanto ao planejamento das atividades didáticas não evidenciamos a estruturação e organização das aulas, seguindo as orientações da aprendizagem cooperativa: como a elaboração do contrato de cooperação no início de cada atividade cooperativa, pactuação da meta coletiva e individual, estabelecimento dos objetivos para cada atividade, apresentação dos critérios de avaliação do trabalho dos estudantes, monitoramento e feedback entre os participantes do processo ao término de cada projeto de aprendizagem. Assim, as atividades implementadas pelos professores não seguiam um encadeamento lógico sugerido pela proposta metodológica.

Outrossim, no que concerne a estrutura das aulas, as atividades não estavam conectadas, não houve previsão para a duração de cada subatividade e o que deveria ser monitorado em cada momento, de modo que se pudesse perceber a cada etapa da aula a presença dos elementos essenciais da cooperação. Aos estudantes em suas respectivas células não esteve claro que sua aprendizagem dependeria da aprendizagem dos demais e que este deveria assumir responsabilidades, funções e tarefas específicas para serem cumpridas dentro do grupo.

Além disso, também não foi disponibilizado tempo para que os estudantes pudessem pensar sobre os problemas propostos pelos professores, tampouco, lhes foi garantida a possibilidade de tentar/com vistas a construção da resposta. Ressaltamos que mesmo nas atividades em que não houve a divisão das turmas em pequenos grupos os estudantes procuraram os colegas para compartilhar conhecimentos.

Outro achado importante foi que a avaliação das atividades propostas pelos professores apresentou fortes contradições entre o que determinam os pressupostos da cooperação com vistas a uma avaliação processual ou formativa. Evidenciamos desta forma que o processo de avaliação está direcionado para a consecução de uma avaliação somativa com ênfase na prova e não processo conforme fala de um dos professores “[...] **porque tem avaliação bimestral que é estilo ENEM, que é individual, que é gabaritada e tudo mais [...]**”.

Embora nossa investigação tenha sido realizada com apenas três de um universo de sessenta e nove escolas tendo como base o levantamento mencionado na seção 3.4.2 foi possível perceber a predominância da metodologia convencional sobre a metodologia da aprendizagem cooperativa, o que para nós surge como resultado esperado tendo em vista o processo de formação inicial dos professores e as lacunas deixadas ao longo de todas as etapas de sua formação. Tentaremos responder a segunda questão:

(ii) Quais os obstáculos enfrentados pelos professores de Física na aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa em suas aulas?

Constamos em uma das escolas a existência de uma sistemática de formação para os professores quanto a metodologia, porém o reportório dos docentes acerca das estratégias cooperativas é muito limitado no que concerne ao ensino de Física. As estratégias propostas não se adequam ao ensino da disciplina de forma a favorecer uma aprendizagem efetiva. Enquanto nas demais escolas essas formações não ocorrem.

Podemos elencar como um dos principais obstáculos à prática dos professores, a ausência de formação continuada com vistas a utilização de estratégias cooperativas específicas

para o ensino da disciplina, conforme afirma um dos professores entrevistados **“[...] acho que se tivesse a formação como você já me perguntou não é pra gente, por que realmente o tempo pra planejar não é... as vezes não é suficiente. Mas se você já tiver um embasamento uma formação facilita né na hora de aplicar”**.

Outro achado que se nos apresentou como obstáculo à atividade docente tendo em vista as escolas pesquisadas foi a dificuldade dos professores em compreender a estrutura de funcionamento de algumas estratégias metodológicas da aprendizagem cooperativa. Mesmo na escola em que os professores passaram por um processo de formação, quando da utilização destas estratégias, percebemos que estas sofreram sérias modificações estruturais conforme afirma um dos professores **“[...] e... tem outro que eu esqueci o nome. O que eu adaptei só um momento [...]”** o que pode comprometer a sua eficácia.

A análise dos dados do Estudo II revelou que o planejamento se apresenta como um obstáculo à aplicação da metodologia pelos professores **“[...] o plano é um pouco mais complicado pra fazer, [...] eu sinto dificuldade [...], sim a dificuldade por que às vezes você tá com o conteúdo e [...], que metodologia vou usar naquele conteúdo? [...] então assim é muito complicado para fazer esse plano [...]”**. Dessa forma não constatamos durante as observações a utilização de um projeto de aprendizagem para o desenvolvimento das atividades, o que pode contribuir para uma possível ineficiência da metodologia e dificuldades para monitoramento e avaliação das atividades.

Salientamos ainda, como obstáculo ao desenvolvimento das atividades cooperativas pelos professores a carência de material didático, visto que as estratégias cooperativas requerem em sua grande maioria que se disponha de material pedagógico além do livro didático, desta forma o professor também deverá disponibilizar tempo extra para planejamento estratégico das atividades que serão implementadas.

Em uma das escolas pesquisadas existe de forma esporádica ou pontual o desenvolvimento de atividades com viés formativo para os estudantes. Estas atividades visam adequar os estudantes oriundos de outras escolas e que estão sendo inseridos no processo, porém essas formações não são efetivadas de forma sistemática no decorrer da permanência destes estudantes na escola. Nas demais escolas estas atividades não ocorrem. Por fim buscamos responder a terceira questão:

(iii) Quais as contribuições de uma proposta de ensino com atividades pautadas nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa para a formação continuada de um dos professores participantes da pesquisa?

A implementação da proposta de ensino em conjunto com o professor consistiu em uma oportunidade de contribuir para a sua formação continuada, bem como induzi-lo refletir acerca das possibilidades de implementar estratégias de ensino que coloquem o estudante como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Física.

A partir da nossa análise pudemos perceber que as atividades propostas possibilitaram o envolvimento ativo de todos os sujeitos envolvidos no processo, com ênfase para os estudantes que foram confrontados com diversas situações de ensino em que lhes foi garantida a possibilidade de pensar com vistas a construção da resposta, à construção do conhecimento.

Para o professor a utilização das estratégias da aprendizagem cooperativa foram preponderantes para que ele percebesse que diferentemente da metodologia tradicional, não é suficiente transmitir ou entregar o conteúdo pronto aos discentes, esperando que estes o assimilem. O professor pode optar por apontar os caminhos oportunizando aos estudantes a partir das leituras e discussões nas células construir o próprio conhecimento.

Para o professor a proposta foi muito eficiente, o processo bem detalhado desde a participação do professor até a participação entre estudantes. **“Eu acredito que é uma proposta foi bem eficiente na construção do conhecimento para que eles possam realmente entender o conteúdo de Física”**.

Salientamos a disponibilidade do professor em colaborar com este estudo deste o planejamento da proposta de ensino até a execução das atividades. Compreendemos que estes momentos foram fundamentais para enriquecer e fortalecer a sua prática docente, servindo ainda como motivação para a utilização da estratégia em outras turmas conforme afirma o professor **“com certeza até já comecei a aplicar algumas coisas em outras turmas”**.

Queremos ressaltar alguns entraves que precisam levados em consideração em futuras aplicações da proposta. A primeira delas corresponde ao tempo estabelecido para cada atividade, não foi admitido quando do planejamento da proposta a inexperiência do professor quanto a utilização das estratégias cooperativas, podemos concluir que o tempo destinado à cada atividade não foi suficiente; apesar das aulas serem geminadas diversos eventos extraclasse requereram a saída dos estudantes da sala de aula.

Dessa forma pudemos perceber que a principal contribuição da proposta didática de ensino para a formação continuada do professor participante do Estudo III foi a oportunidade de colocá-la diante da possibilidade de refletir e ressignificar a sua prática docente.

REFERÊNCIAS

- ALVEZ-MAZZOTTI, A. J. Usos e Abusos dos Estudos de Caso. **Caderno de pesquisa**, v. 36, n. 129, p. 637 – 651, set./ dez. 2006.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 279 p.
- BARKLEY, E. F.; CROSS, K. P.; MAJOR, C. H. **Técnicas de aprendizagem colaborativo**. 2. ed. Madri: Ediciones Morata, S.L., 2012.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto Editora, LDA: Portugal, 1994.
- BRASIL. Governo Federal. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002.
- CAMPOS, F. C.A. et al. **Cooperação e aprendizagem on-line**. Rio de Janeiro: PD&A Editora, 2003. 167 p. (Educação à distância).
- CHIQUETTO, M. J. (2011). O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. **Revista e-curriculum**, 7(1), 1-16.
- COHEN, E. G.; LOTAN, R. A. **Planejando o trabalho em grupo: estratégias para salas de aula heterogêneas**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2017. 226 p. Tradução: Luís Fernando Marques Dorvillé, Mila Molina Carneiro, Paula Márcia Schmaltz Rozin.
- COLL, C. **Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar**. Infancia y Aprendizaje, Barcelona, v. 28, n. 27, p.119-138, 1984.
- DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.
- DONOSO, E. L.; C., R. S. Transformación de los modelos mentales sobre los conceptos de fuerza y campo eléctrico mediante la metodología Webquest, en estudiantes universitarios de Ingeniería. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Valparaíso, v. 32, n. 1, p.2-31, abr. 2015.
- DONOSO, E. L.; CORTÉS, C. C.; VEAS, J. V. Aprendizaje colaborativo y significativo en la resolución de problemas de física en estudiantes de ingeniería. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 25, n. 1, p.55-76, abr. 2008.
- EINSTEIN, A. **Como vejo o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. Tradução de: H. P. de Andrade.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente**. 39ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

GARCÍA, I. K.; POZO, J. I. Concepções de professores de física sobre ensino-aprendizagem e seu processo de formação: um estudo de caso. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.96-119, 17 ago. 2017.

GARCÍA, M. B.; SANZ, M. M.; VILANOVA, S. Cuestionario de dilemas para indagar concepciones sobre el aprendizaje en docentes universitarios. **Docencia Universitaria**, Volumen 15, p.103-120, diciembre de 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; SMITH, K. A. A Aprendizagem Cooperativa Retorna às Faculdades: Qual é a Evidência de que funciona? In Shirley Freed (2000) **Pensar, Dialogar e Aprender**. in Change, [s.l.], v. 30, n. 4, p.91-102, ago. 1998.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. **Aprender juntos y solos: aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista**. Buenos Aires: Grupo Editorial Aique S.A., 1999.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC, E. J. **El aprendizaje cooperativo en el aula**. Buenos Aires: Editorial Paidós SACIF, 1999.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC, E. J. **Los nuevos círculos del aprendizaje: la cooperación en el aula y la escuela**. Buenos Aires: Grupo Editorial Aique S.A., 1999.

LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem: o que a velha senhora disse**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. Tradução de: Vera Magyar.

LIMA, R. B.; SILVA, C. M. L. F. O descarte das pilhas e baterias como tema de ensino em grupos cooperativos. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.253-272, 2018.

LOPES, J.; SILVA, H. S. **Aprendizagem cooperativa da sala de aula: um guia prático para o professor**. Lisboa: Lidel, 2009.

LOVATO, F. L. et al. Metodologias Ativas de Aprendizagem: uma Breve Revisão. **Acta Scientiae**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.154-171, 15 maio 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, S. P. D. et al. Aprendizagem cooperativa como estratégia no aprendizado de química no ensino médio. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 9, n. 4, p.57-66, 10 dez. 2015.

MONEREO, C.; GISBERT, D. D. **Tramas: procedimentos para a aprendizagem cooperativa**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Tradução: Cláudia Schilling.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Aprendizagem baseada em equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 3, p.962-986, 15 dez. 2016.

OVEJERO, B. A. **Métodos de aprendizagem cooperativa**. Aprendizaje Cooperativo, PPLL. Espanha. 1990.

PENHA, R. S. **A aprendizagem cooperativa como estratégia metodológica no ensino de matemática no ensino médio**. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, J. I. et al. Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza. In: _____. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos**. Barcelona: Graó, 2006. p. 95-134.

QUEIROZ, M. P; BARBOSA, R. M. N.; AMARAL, E. M. R. Uma análise de interações discursivas promovidas pela aplicação de métodos cooperativos em aulas de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.1-20, 2009.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

STAKE, R. E. **Investigación con estudio de casos**. Ediciones Morata, S. L., Madrid, 1999.

_____, **Pesquisa Qualitativa**: estudando como as coisas funcionam. Tradução: Karla Reis; revisão técnica: Nilda Jacks. – Porto Alegre: Penso, 2011.

TEODORO, D. L. et al. Formação docente no ensino superior de química: contribuições dos programas de aperfeiçoamento de ensino. **Química Nova**, [s.l.], v. 34, n. 4, p.714-719, 9 fev. 2011.

TEODORO, D. L. **Aprendizagem cooperativa no ensino de Química**: investigando uma atividade didática elaborada no formato Jigsaw. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências (química Analítica), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

TEODORO, D. L.; CABRAL, P. F. O.; QUEIROZ, S. L. Atividade Cooperativa no Formato Jigsaw: Um estudo no ensino superior de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.21-51, 19 maio 2015.

TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. **Aprendizagem colaborativa**: teoria e prática. In: Torres, P.L. (Org.). Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento. Curitiba: Senar, 2014. p.61-93.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM PROFESSOR (A) DE FÍSICA

Roteiro destinado a orientar o desenvolvimento da Entrevista Semiestruturada destinada aos (as) professores (as) de Física como parte da pesquisa, intitulada “**A Aprendizagem Cooperativa no Ensino de Física: Um estudo de caso com professores da Educação Básica**”. Não sendo necessária a assinatura do (a) participante, garantindo assim sigilo na identificação dos (as) entrevistados (as), seguindo às normas de ética da pesquisa social.

**Francisco Ivanildo de Sousa,
Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática**

Nome da Escola:

Nome do professor:

Formação Acadêmica:

Tipo de vínculo com estado:

Há quanto tempo leciona nessa escola:

Questões Semiestruturadas

1. Em sua opinião quais as causas do baixo rendimento acadêmico (de forma geral) dos alunos na disciplina de Física?
2. A aprendizagem em si é um processo lento de construção e de transformação dos modelos mentais próprios da estrutura cognitiva de cada sujeito e não se encerra com uma única atividade após a conclusão de um assunto, mas que demanda do professor (a) a criação de espaços de discussão necessários para que ela ocorra. Quais são as estratégias que você utiliza durante suas aulas para que esses espaços de discussão e construção do conhecimento sejam gerados?
3. A escola adota alguma estratégia didático-metodológica além da aula convencional?
4. Você acompanhou/participou do processo de implementação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa nessa escola?
5. Você conhecia a metodologia da Aprendizagem Cooperativa antes de trabalhar nessa escola? Quando ocorreu seu primeiro contato com a metodologia?
6. Como você conceitua aprendizagem cooperativa?
7. Antes de implementar a metodologia da Aprendizagem Cooperativa em sala de aula você passou por um processo de formação? Essa formação ainda ocorre? Como ela ocorre? Em que momentos ocorrem?
8. A metodologia da Aprendizagem Cooperativa dispõe de vários métodos que podem ser utilizados durante as aulas nos diversos níveis de ensino, séries e disciplinas. Quais os métodos da Aprendizagem Cooperativa que você conhece? Quais métodos você utiliza com maior frequência? Quais os motivos para utilizá-los?
9. Quais os principais obstáculos enfrentados por você para implementar a metodologia da Aprendizagem Cooperativa nas suas aulas?
10. Na sua opinião quais as dificuldades enfrentadas pela escola ou quais as dificuldades que a escola enfrenta para implementar a metodologia da Aprendizagem Cooperativa?
11. Quais as condições mínimas para que o professor e aplique nas suas aulas atividades baseadas nos pressupostos da aprendizagem cooperativa?
12. Quais as vantagens da metodologia da Aprendizagem Cooperativa para o ensino de Física?
13. Quais as desvantagens da metodologia da Aprendizagem Cooperativa para o ensino de Física?
14. Aprender Física requer do estudante a construção de modelos mentais adequados para compreender um sistema físico, explicar corretamente seu funcionamento com base em uma teoria física. Como a metodologia da aprendizagem cooperativa pode potencializar a construção desses modelos?

15. Quando analisamos os livros de Física percebemos que a teoria aparece expressa em equações e leis prontas e teoricamente acabadas. Desta forma o professor se encarrega de transmitir o conteúdo ao aluno sem que este tenha tempo e condição suficientes para construir seus próprios modelos mentais. Como a metodologia da Aprendizagem Cooperativa pode proporcionar ao estudante uma aprendizagem efetiva dessa teoria?
16. Qual o seu papel enquanto professor de Física durante a execução da metodologia da Aprendizagem Cooperativa na sala de aula?
17. Além de melhorar o rendimento acadêmico, que competências você espera que os alunos desenvolvam ao adotar a metodologia da Aprendizagem Cooperativa nas suas aulas?
18. O que você considera essencial para que os alunos trabalhem de forma cooperativa?
19. Quanto aos estudantes o que você considera essencial para o bom desempenho deles ao realizarem uma atividade forma cooperativa?
20. Considerando a complexidade do processo avaliativo, bem como as críticas sofridas pelo método tradicional utilizado na maioria das escolas no tocante a avaliação. Como você compreende o processo avaliativo numa sala de aula cooperativa?
21. Dentre os cinco elementos da aprendizagem cooperativa, qual você considera mais importante para que o processo de aprendizagem efetivamente ocorra?
22. Como você considera a relação aprendizagem de conteúdos e o desenvolvimento de habilidades sociais pelos alunos?
23. Qual a importância dos papéis atribuídos aos alunos dentro da célula? Como é feita a atribuição de papéis? Quais são os papéis mais utilizados nas suas aulas?
24. Como o processamento de grupo pode contribuir para o bom funcionamento das células? E para as suas aulas?
25. Para você qual a importância do feedback entre o professor e o aluno considerando a dinâmica de uma aula cooperativa?

APÊNDICE B – GUIA DE OBSERVAÇÃO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

**Francisco Ivanildo de Sousa,
Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática**

GUIA PARA OBSERVAÇÃO DO PROFESSOR

Nome da Escola:

Nome do professor:

Data da Observação:

Quantidade de aulas observadas:

Turma Observada:

Temática	Aspectos observados	1	2	3	4	Pontos
O objeto de ensino	1. Apresentação da informação.					
	Realiza exposição oral dialogada dos conteúdos de forma que facilite a construção dos conceitos estudados.	()	()	()	()	_____
	Trabalha o conteúdo de forma contextualizada utilizando situações problemas existentes em seu cotidiano.	()	()	()	()	_____
	Procurava identificar e valorizar o conhecimento prévio do aluno.	()	()	()	()	_____
	As explicações são simples e coesas.	()	()	()	()	_____
	Apresenta o argumento científico em linguagem acessível ao estudante.	()	()	()	()	_____
	Organização do conhecimento/ambiente.	()	()	()	()	_____
	Entonação da Voz.	()	()	()	()	_____
	Contribuições pessoais.	()	()	()	()	_____
	Interação verbal.	()	()	()	()	_____
	1. Fomento à Participação.					
	Está atento (a) às dúvidas dos alunos.	()	()	()	()	_____
	Está atento (a) às dificuldades dos alunos.	()	()	()	()	_____
	Demonstra interesse pelos alunos e consequentemente pela sua aprendizagem.	()	()	()	()	_____
	Tem uma relação aberta com o grupo de alunos.	()	()	()	()	_____
	Adota estratégias de problematização do conteúdo como fomento à participação do estudante.	()	()	()	()	_____
	A aprendizagem cooperativa	1. Estratégias adotadas para aplicação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa				
Deixa claro os objetivos da aula.		()	()	()	()	_____
Existe orientação prévia do que irá ocorrer durante a realização da aula.		()	()	()	()	_____
Estabelece as habilidades sociais que serão desenvolvidas pelos estudantes e avaliadas no decorrer da aula		()	()	()	()	_____
Estabelece os critérios para avaliação das atividades previamente.		()	()	()	()	_____
Deixa claro para os estudantes o que será avaliado/quais os critérios de avaliação.		()	()	()	()	_____
Existe a definição prévia de quais grupos de alunos serão monitoradas em cada atividade		()	()	()	()	_____
Há divisão de papeis entre os alunos		()	()	()	()	_____
Há consenso na divisão de funções		()	()	()	()	_____
Há ênfase no desenvolvimento das habilidades sociais		()	()	()	()	_____
Existe rotação de papeis		()	()	()	()	_____
Há a definição de meta coletiva		()	()	()	()	_____
Há a definição de meta individual		()	()	()	()	_____
2. Estratégias adotadas durante aplicação da metodologia da AC						
Estipula tarefas claras para os estudantes.		()	()	()	()	_____

	Resolve, através do diálogo, pequenos conflitos que possam surgir no grupo.	()	()	()	()	_____
	Frequência com que os alunos são monitorados.	()	()	()	()	_____
	Monitoramento das atividades cooperativas.	()	()	()	()	_____
	Há o domínio da estratégia cooperativa utilizada.	()	()	()	()	_____
	Demonstra conhecimento sobre diversas estratégias cooperativas.	()	()	()	()	_____
	Há alternância de estratégias cooperativas.	()	()	()	()	_____
	Feedback/Retroalimentação.	()	()	()	()	_____
A aprendizagem cooperativa	3. Técnicas de aprendizagem utilizadas com maior frequência					
	Jigsaw	()	()	()	()	_____
	Teste cooperativo	()	()	()	()	_____
	Fila Cooperativa	()	()	()	()	_____
	Métodos dos pares	()	()	()	()	_____
	Instrução por pares (PIn)	()	()	()	()	_____
	Divisão de alunos por equipes para o sucesso (STAD)	()	()	()	()	_____
	Aprendizagem baseada em equipes (TBL)	()	()	()	()	_____
	Cantos	()	()	()	()	_____
	Investigando em Grupo	()	()	()	()	_____
	Co-op Co-op	()	()	()	()	_____
	Pensar-Formar Pares-Compartilhar	()	()	()	()	_____
	Outras estratégias.	()	()	()	()	_____
	Qual (is)?	_____				
	4. Qual metodologia se sobressai durante as aulas					
	Cooperação	()	()	()	()	_____
	Tradicional/Competição	()	()	()	()	_____
	Tradicional/Individualismo	()	()	()	()	_____
	Tradicional/Atividade em grupo	()	()	()	()	_____
	Abordagem problematizadora	()	()	()	()	_____
	Ensino de ciências por investigação	()	()	()	()	_____
	Aprendizagem baseadas em problemas	()	()	()	()	_____
	Gamificação	()	()	()	()	_____
	Uso das tecnologias digitais de comunicação e informação TDIC	()	()	()	()	_____
	Outras estratégias	()	()	()	()	_____
	Qual (is)?	_____ _____				
	5. Elementos essenciais da AC					
Interdependência positiva	()	()	()	()	_____	
Interação Promotora/face-a-face	()	()	()	()	_____	
Habilidades Sociais	()	()	()	()	_____	
Responsabilidade Individual	()	()	()	()	_____	
Processamento de Grupo	()	()	()	()	_____	

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE DILEMAS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

**Francisco Ivanildo de Sousa
Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática**

QUESTIONÁRIO DE DILEMAS

Este questionário faz parte da etapa de coleta de dados para uma pesquisa de mestrado. As informações através dele obtidas servirão de base para a elaboração de uma dissertação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa no ensino de Física. O questionário será respondido pelos professores. Antecipadamente agradecemos a sua colaboração e garantimos que toda informação será tratada com estrita confidencialidade.

Identificação do Professor

Nome Completo:

Formação Acadêmica:

Nome da Escola:

Para cada afirmação, por favor escolha uma opção.

01. Na sala de professores um grupo de docentes discute sobre o conceito de aprendizagem. Analise as opiniões a seguir.

- a) Aprender consiste em reproduzir fielmente uma cópia daquilo que foi ensinado ainda que de forma distorcida devido às características inerentes ao ato de aprender.
- b) A aprendizagem somente ocorre quando se reproduz fielmente o que se aprende.
- c) Aprender consiste em rescrever e transformar o objeto de aprendizagem.

02. Abaixo destacamos a posição de três professores quanto à aplicação dos conhecimentos adquiridos por seus alunos em situações práticas, seja no aspecto propedêutico, seja no desenvolvimento profissional. Identifique a que melhor se enquadra na sua concepção de professor.

- a) Utilizar problemas reais ou idealizados de modo que os estudantes se deparem com situações similares às que enfrentarão fora da escola. Nesta situação o professor atua apenas como orientador do processo, não está comprometido em fornecer feedback aos alunos e a construção do conhecimento se dá na interação aluno-professor em que o aluno tem participação mínima na construção da sua própria aprendizagem.
- b) Utilizar problemas reais ou idealizados de modo que os estudantes se deparem com situações similares às que enfrentarão fora da escola. Nesta situação o professor explica claramente cada etapa da atividade orientando seus alunos a trabalharem de forma cooperativa e autorregulada favorecendo um clima de interação entre os membros das células de tal forma que a construção da aprendizagem do aluno tenha sua participação ativa. O professor atua como mediador do processo ensino-aprendizagem.
- c) Utilizar problemas reais ou idealizados de modo que os estudantes se deparem com situações similares às que enfrentarão fora da escola. Nesta situação o professor explica com clareza o conteúdo a ser aprendido e em seguida atribui uma série de exercícios para que os estudantes pratiquem e assim possam incorporar à sua estrutura cognitiva as estratégias necessárias para resolução de outras situações similares.

03. Em um planejamento por área os professores de ciências naturais levantam alguns questionamentos sobre a importância dos conhecimentos prévios dos alunos. Dentre as opções indique aquela que melhor se assemelha ao seu pensamento acerca da temática.

- a) Na maioria das vezes é um conhecimento de senso comum, por isso não são importantes e assim, não devem ser levados em conta, pois logo serão substituídos pelo conhecimento acadêmico historicamente sistematizado.

- b) É extremamente importante para o aluno, pois lhe permitirá ao longo do desenvolvimento das atividades confrontar suas próprias ideias com o conhecimento científico, sendo que para isso não necessariamente contará com a intervenção do professor para construir sua aprendizagem.
- c) De extrema importância tanto para o aluno como para o professor que poderá utilizá-lo para mostrar ao estudante as divergências e congruências entre suas e ideias e o que diz a ciência, além de poder aproveitar esse conhecimento para favorecer a interação aluno-aluno e construção do conhecimento pelo próprio sujeito aprendiz.

04. Ao iniciar o ano letivo os professores de Física foram incumbidos de elaborar o plano anual de conteúdo. Reunidos para elaboração do referido documento, três questões vêm à tona. Analise cada uma delas e opte por uma.

- a) Selecionar todos os conteúdos do programa que favoreçam o desenvolvimento do raciocínio e possibilite a implementação de estratégias de aprendizagem em grupo seguindo a lógica da disciplina.
- b) Seguir a estrutura do livro texto adotado, visto que todos os conteúdos são importantes e indispensáveis para que o aluno obtenha êxito tanto em estudos futuros, como no trabalho.
- c) Selecionar os conteúdos que melhor se adequem ao contexto do aluno e da escola, levando em consideração os aspectos do desenvolvimento do raciocínio e a sequência lógica da disciplina.

05. Em uma formação para professores surgiram três questionamentos sobre o processo de avaliação que deve ser utilizado pelos docentes em sala de aula ao avaliar seus alunos. Analise cada uma das opiniões.

- a) A avaliação é um processo contínuo, porém todo o processo converge para a aplicação de um teste englobando os conteúdos abordados durante o período, podendo a nota final ser composta de uma nota parcial mais uma nota global.
- b) A avaliação deve ser processual e contínua, assim o professor deve separar tempo durante as aulas para aplicar testes surpresa contemplando todos os conteúdos abordados até o momento.
- c) A avaliação deve ser processual e contínua, onde os aspectos qualitativos são tão importantes quanto os quantitativos. Desta forma deve levar em consideração tudo o que o estudante produziu durante a realização de cada atividade, sendo o teste apenas mais um recurso avaliativo. Nesta dinâmica o professor a todo momento dá e recebe feedback em um processo de retroalimentação constante.

06. Acerca da participação dos alunos durante as aulas são feitas três assertivas. Analise cada uma delas.

- a) Não gosto que participem, pois nem sempre as perguntas são pertinentes, além disso, tenho que zelar pelo cumprimento do programa e as interrupções às vezes demandam muito tempo.
- b) Quando as perguntas são objetivas e coerentes acho importante que os alunos participem, porém nem sempre isso é possível, haja vista que tratar-se de estudantes inexperientes com pouca bagagem em relação à disciplina.
- c) As aulas precisam apresentar uma estrutura dialógica em que todos tenham assegurado o direito equitativo de participar durante a execução de cada momento, deve-se primar pela interação entre os pares favorecendo a discussão e conseqüentemente a construção do conhecimento.

07. No contexto construtivista de aprendizagem o papel do professor perpassa o da transmissão do conhecimento e este assume a função de facilitar/mediador. Analise a fala de três docentes sobre a função do professor.

- a) Explica o conteúdo ou unidade didática, aplica diversos exercícios para fomentar a capacidade de compreensão do tema pelos alunos. Neste caso não está interessado em favorecer discussões e análises acerca do objeto de aprendizagem, seu compromisso é com o cumprimento do programa.
- b) Compreende a importância da interação aluno-aluno, porém não dispõem de tempo para planejar e aplicar atividade que favoreçam a cooperação visto que o sistema exige o cumprimento do programa.
- c) Considera a importância do programa, porém compreende a necessidade de se fazer cortes de alguns conteúdos. Entende que na interação aluno-aluno as capacidades de realizar comparações, argumentar, posicionar-se criticamente, desenvolver a oralidade etc. são desenvolvidas pela interação entre pares.

8. Em uma reunião, os professores estão discutindo acerca das vantagens e dos inconvenientes de se utilizar metodologias de ensino que priorize a participação ativa dos alunos em detrimento do processo de ensino centrado do professor. Analise as opiniões abaixo.

- a) Tornar o aluno sujeito do processo não é uma boa ideia porque na sua grande maioria (eles) não possuem maturidade suficiente para influenciar positivamente a aprendizagem dos colegas, além disso, alguns não se esforçarão para aprender os conteúdos e desta forma a aprendizagem não ocorrerá como deveria.

- b) Pode ser uma boa ideia, porém a que se ressaltar que o professor possui papel preponderante durante todo o processo de ensino, constituindo-se como agente principal na construção do conhecimento, sendo dado ao aluno participar de trabalhos em grupos com roteiro de atividade designada pelo professor.
- c) É uma boa ideia, pois eleva o aluno da condição de passividade a situação de sujeito ativo na construção da sua própria aprendizagem, além de favorecer o desenvolvimento das capacidades de realizar comparações, argumentar, posicionar-se criticamente.

09. Em uma entrevista para professor de Física de uma escola de educação básica, indagou-se sobre o principal objetivo do professor ao ministrar a disciplina. Analise a resposta de três professores que participaram da entrevista.

- a) Criar estratégias para que os alunos possam dar sentido e significado ao que aprendem priorizando os conteúdos que melhor se adequam ao contexto do estudante.
- b) Priorizar os conteúdos fundamentais para que os alunos adquiram os conhecimentos básicos o que lhes permitirá avançar para conteúdos mais complexos.
- c) Cumprir com o programa estabelecido para cada série independentemente do desenvolvimento de estratégias que favoreçam o raciocínio e a compreensão significativa de cada conteúdo.

10. Em relação à organização dos alunos em células cooperativas para que haja maior interação entre os pares. Analise a opinião de alguns docentes.

- a) Não funciona na prática, pois os alunos mais estudiosos fazem toda a atividade enquanto os outros apenas copiam. Além disso, gera-se um barulho excessivo durante as atividades cooperativas.
- b) Não funciona com alguns conteúdos da disciplina, pois não existem estratégias adequadas a todos os assuntos.
- c) Funciona com todos os conteúdos da disciplina, porém o professor deve pensar em todos os detalhes da aula, pois para cada assunto existe um método que se adequa melhor. Além disso, o professor precisa considerar o objetivo proposto para cada aula e para cada projeto de aprendizagem.

APÊNDICE D – PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
 CAMPUS CAMPINA GRANDE
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
 MATEMÁTICA

Sequência Didática

Professor: Francisco Ivanildo de Sousa

Disciplina: Física

Duração: 6 aulas de 50 minutos

Conteúdo: Leis da Termodinâmica

Objetivos:

1. Introduzir o conceito de máquinas térmicas com ênfase da relação calor, trabalho e energia;
2. Compreender a relação trabalho-energia tendo em vista a funcionamento das máquinas térmicas;
3. Compreender que nenhuma máquina térmica operando em ciclo é capaz de converter integralmente calor em trabalho.

Metodologia/estratégia cooperativa: Exposição oral dialogada, métodos cooperativos Fila Cooperativa, Método dos Pares e Teste Cooperativo.

Recursos Didáticos: Projetor multimídia, notebook, simulador virtual PheT e textos impressos.

Avaliação:

Responsabilidade individual e de grupo:

Interdependência positiva:

Habilidade social:

Programa:

Assinatura do docente

Campina Grande – PB
 2020

1. Tema escolhido

Leis da Termodinâmica

2. Apresentação

A sequência didática a seguir foi desenvolvida para ser aplicada em 6 aulas de 50 minutos, é composta por três atividades baseadas nos pressupostos metodológicos da aprendizagem cooperativa e têm por objetivo auxiliar os alunos da 2ª série do ensino médio na compreensão das Leis da Termodinâmica. Para o desenvolvimento dessa sequência didática utilizaremos os métodos cooperativos, fila cooperativa, método dos pares e teste cooperativo.

3. Introdução/Justificativa

Trata-se de uma sequência didática elaborada sobre o conteúdo Leis da Termodinâmica a ser desenvolvida com estudantes da 2ª série de Ensino Médio de uma escola pública cearense. Podemos justificar a escolha da temática pela sua aplicabilidade prática em diversos setores e tecnologias disponíveis no mercado, pela sua importância para o desencadeamento da revolução industrial, desenvolvimento e aprimoramento de diversos meios de locomoção, bem como pela escassez de propostas voltadas para o Ensino Médio. Além disso, a temática possui aspectos que podem despertar o interesse de estudantes desse nível de ensino.

4. Público Alvo, perfil da turma

Estudantes de uma turma da 2ª série do ensino médio pertencente a uma escola pública do estado do Ceará.

5. Número de aulas

- 6 aulas de 50 minutos

6. Conteúdos científicos abordados

- 1ª lei da termodinâmica
- 2ª lei da termodinâmica

7. Interesse e motivação

A escolha dessa temática deveu-se à sua vasta aplicabilidade prática em diversos setores e tecnologias disponíveis ao acesso do estudante, bem como pela sua importância para o

surgimento de uma nova concepção de organização do trabalho, surgimento e aperfeiçoamento de diversos meios de locomoção em uso atualmente.

8. Quadro sintético das aulas

Atividade	Temática a ser discutida	Nº de aulas
1º Encontro 1ª lei da Termodinâmica	1. Exposição oral do professor – 1ª Lei da termodinâmica. 2. Sistematização do conteúdo/preparação para atividade cooperativa. Duração da atividade: 40 minutos	2 Aulas
	Atividade Cooperativa – Fila Cooperativa 3. Contrato de cooperação (2 minutos) 4. Orientações para a atividade (3 minutos) 5. Leitura dos textos: Texto 01 - As máquinas térmicas, a Revolução Industrial e o conceito de energia, Texto 02 - A Força como princípio unificador e a quantificação do fator de conversão e Texto 03 - Primeira Lei da Termodinâmica (15 minutos) 6. Discussão dos textos (4 minutos) 7. Alternância das filas (6 minutos) 8. Atividade Individual (25 minutos) 9. Encerramento da atividade – processamento de grupo (5 minutos) Duração da atividade: 60 minutos	
2º Encontro 2ª Lei da Termodinâmica	1. Retomar as discussões da aula anterior para introduzir a temática da 2ª Lei da Termodinâmica 2. Problematização para a apropriação de conceitos relativos a 2ª Lei da Termodinâmica. 3. Sistematização do conteúdo /preparação para atividade cooperativa. Duração da atividade: 25 minutos	2 Aulas
	Atividade Cooperativa – Método dos pares 4. Contrato de cooperação (2 minutos) 5. Orientações para a atividade (3 minutos) 6. Leitura dos textos (Texto 04 - Sadi Carnot. Caminhos para o enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica – parte 1 e Texto 05 - Sadi Carnot. Caminhos para o enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica – parte 02). (15 minutos) 7. Discussão do texto entre os pares (10 minutos) 8. Atividade individual (20 minutos) 9. Atividade Cooperativa (20 minutos) 10. Encerramento da atividade – processamento de grupo (5 minutos) Duração da atividade: 75 minutos	
3º Encontro Encerramento da unidade didática	1. Fechamento das discussões acerca da 1ª e 2ª Lei da Termodinâmica. 2. Preparação para a atividade cooperativa Duração da atividade: 25 minutos	2 Aulas
	Atividade Cooperativa – Teste Cooperativo 1. Contrato de cooperação (2 minutos) 2. Orientações para a atividade (3 minutos) 3. Atividade individual 1 (25 minutos) 4. Atividade cooperativa (20 minutos) 5. Atividade individual 2 (20 minutos) 6. Encerramento da atividade – processamento de grupo (5 minutos) Duração da atividade: 75 minutos	

9. Recursos de ensino

- Vídeos e imagens para ilustrar a exposição;
- Software PheT, para simulação de experimentos;
- Leituras de textos sobre a temática;
- Métodos cooperativos: *Método dos pares, Fila cooperativa e Teste cooperativo*;
- Feedback do processo a partir do monitoramento das atividades desenvolvidas pelos estudantes ao longo da implementação das atividades.

10. Descrição aula a aula

1º Encontro – 2 Aulas (Duração: 100 min)

Atividade 01 – 1ª Lei da Termodinâmica

Com o intuito de preparar os estudantes para a discussão qualitativa acerca da 1ª Lei da Termodinâmica faremos uma breve revisão dos conceitos básicos energia e trabalho. A revisão terá como objetivo discutir o a temática da evolução do conceito de calor e energia a partir da exposição do professor e a leitura de três episódios históricos envolvendo alguns dos maiores cientistas da humanidade.

Mediação do professor

Após a consolidação dos conceitos de energia e sua conservação o professor dará início as discussões referentes à primeira lei da termodinâmica. Para viabilizar as discussões serão utilizadas algumas questões pelo professor a fim de que os estudantes percebam os principais pontos da temática abordada.

01. O que acontece com as moléculas de uma substância, quando esta é aquecida?

Espera-se com esse questionamento que os estudantes sejam capazes de recorrer a ideia de temperatura associada ao grau de agitação as moléculas ou partículas de um corpo e que, portanto, esse aquecimento provocará um aumento no nível de agitação dessas partículas.

02. É correto afirmar que calor e temperatura são sinônimos?

Espera-se que os estudantes compreendam que a temperatura está associada ao grau de agitação das moléculas de um corpo, enquanto calor é a energia térmica fluindo de um corpo para outro em virtude de possuírem temperaturas diferentes.

03. Numa aula de Física, um aluno é convocado para explicar fisicamente o que acontece quando um pedaço de ferro quente é colocado dentro de um recipiente contendo água fria. Ele declara: “o ferro é quente porque contém muito calor. A água é mais fria que o ferro porque contém menos calor que ele. Quando os dois ficam juntos, parte do calor contido no ferro passa para a água, até que eles fiquem com o mesmo nível de calor... e, é aí que eles ficam em equilíbrio”. Com base no conceito de calor e tendo como base nas declarações do aluno porque podemos afirmar que suas declarações estão equivocadas? (texto adaptado de UEPB-PB)

Espera-se que os estudantes se reportem ao conceito de calor como energia térmica fluindo entre dois ou mais corpos com temperaturas diferentes. Logo o calor não pode estar contido em um corpo.

04. A frase “estou com calor” do ponto de vista científico está correta?

Espera-se que os estudantes afirmem que o que está contido em um corpo é energia térmica em virtude da temperatura do mesmo e, portanto, o calor é energia térmica fluindo de um corpo para outro.

05. Ao informar as máximas temperaturas para algumas capitais do Brasil, um jornalista disse a seguinte frase: “Preparem-se, pois até domingo fará muito calor, com temperaturas de até 35 °C”. Do ponto de vista da Física, qual o erro nessa frase?

Espera-se que os estudantes refiram que a sensação térmica está alta em virtude da alta temperatura e que o calor não pode estar contido em um corpo.

06. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor?

Espera-se que estudantes compreendam que o fato de os corpos estarem em equilíbrio térmico implica que as suas temperaturas sejam iguais, e que ao atingir-se o equilíbrio térmico cessa o trânsito de calor entre eles.

07. O que é uma máquina térmica?

Espera-se que os estudantes afirmem que uma máquina térmica é um dispositivo capaz de transformar energia térmica em outras formas de energia, por exemplo, energia mecânica.

08. Como ocorre a conversão de energia nas máquinas térmicas? Há conservação de energia nas máquinas térmicas?

Espera-se que os estudantes se reportem a ideia de que as máquinas térmicas aproveitam parte da energia recebida na forma de calor (Q) para transformá-la em trabalho (τ). A outra parte é transformada em variação de energia interna, ΔU , esta parte representa a quantidade de energia degradada ou não aproveitada, de modo. Espera-se ainda que os estudantes compreendam que a conservação de energia é um Princípio que se aplica a qualquer sistema, assim como a conservação de massa.

Preparação para atividade cooperativa (Fila cooperativa)

Após a problematização descrita, cujo objetivo foi mobilizar os estudantes para a próxima etapa da aula, iniciou-se a segunda intervenção. Partindo das observações feitas pelos os estudantes será feita uma sistematização dos conteúdos estudados que servirá de ponto de partida para a introdução do conteúdo Leis da Termodinâmica. Após a discussão das temáticas será realizada uma leitura em duplas utilizando o método cooperativo fila cooperativa, a fim de que os estudantes possam confrontar diversos aspectos da evolução das máquinas térmicas e sua importância para o desenvolvimento econômico e tecnológico atual.

Atividade 02 - Leitura e discussão em células (plano de aula: Apêndice I) dos textos propostos (textos 01, 02 e 03 – Anexo I) e atividade lápis e papel (itens Anexo III)

Durante a leitura dos textos os alunos irão confrontar-se com diferentes perspectivas acerca da natureza do calor e suas aplicações práticas, permitindo que estes possam refletir sobre cada teoria proposta. Esse momento da aula é extremamente importante, pois, configura-se com um ponto de partida para o surgimento de diversos desequilíbrios cognitivos abrindo caminho para a aprendizagem. Além disso, essa atividade procura despertar nos estudantes a visão da ciência como construção humana, histórica e social. Encerradas as discussões nas células as filas são desfeitas e procede-se a realização de individual para consolidação das discussões conceituais acerca do abordado até o momento.

Atividade 03 – Encerramento da aula

Nesse momento o professor encerra aula fazendo uma prévia do que irá acontecer no encontro seguinte, bem como o processamento de grupo a fim de identificar quais condutas foram adequadas e que devem ser mantidas pelos alunos e quais deverão ser abandonadas.

2º Encontro – 2 Aulas (Duração 100 minutos)

Atividade 01 – 2ª Lei da Termodinâmica

Nesse momento o professor fará a consolidação das discussões acerca da conservação de energia, trabalho realizado por um sistema gasoso, reportando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, como aplicação desse princípio.

Mediação do professor

Após a consolidação dos conceitos acerca da primeira lei da Termodinâmica o professor dará início as discussões referentes à segunda lei da termodinâmica. Para viabilizar as discussões serão utilizadas algumas questões pelo professor a fim de que os estudantes percebam os principais pontos da temática abordada.

01. A que se deve pressão que um gás exerce, quando mantido em um recipiente fechado?

Espera-se que os estudantes percebam que as colisões das partículas do gás contra as paredes do recipiente sejam as responsáveis pelo aumento de pressão dele.

02. Com base na primeira lei da termodinâmica - o princípio da conservação de energia – é possível construir uma máquina térmica que converta integralmente calor em trabalho?

Espera-se que os estudantes afirmem que é impossível a construção de uma máquina térmica deste tipo, pois violaria o Princípio da Conservação da Energia ou a Primeira Lei da Termodinâmica.

03. Se só uma parte do calor foi convertida em trabalho em uma máquina térmica, para onde foi o resto?

Espera-se que os estudantes compreendam que a parte de calor que não foi utilizada para a realização de trabalho é cedida para a fonte fria ou é dissipada, portanto, uma máquina térmica nunca terá rendimento o máximo de 100%.

04. Como sabemos o quanto pode render uma máquina térmica?

Espera-se que os estudantes se reportem a ideia de que nenhuma máquina térmica é capaz de transformar integralmente calor em trabalho e que, portanto, seu rendimento máximo pode atingir entre 20% e 30%.

Preparação para atividade cooperativa (Método dos Pares)

Após a problematização descrita, cujo objetivo foi mobilizar os estudantes para a próxima etapa da aula, inicia-se a segunda intervenção. Partindo das observações feitas pelos os estudantes será feita uma sistematização dos conteúdos estudados que servirá de preparação para a atividade cooperativa.

Atividade 02 - Leitura e discussão em células (plano de aula – Apêndice II) dos textos propostos (04 e 05 – Anexo II) e atividade lápis e papel (itens Anexo III)

Nesse momento o professor entrega a cada dupla de estudante os testes 04 e 05 (um para cada estudante) em que estes poderão a partir da leitura identificar o contexto histórico da época, quem contribuiu para o avanço das descobertas acerca do fenômeno estudado e suas aplicações práticas no contexto atual. Concluída a etapa de discussões os pares são desfeitos e os estudantes realizam uma atividade individual abrangendo do o conteúdo abordado. Em seguida refaz-se os pares para uma atividade cooperativa com itens diferentes dos anteriores.

Atividade 03 – Encerramento da aula

Nesse momento o professor encerra aula fazendo uma prévia do que irá acontecer no encontro seguinte, bem como o processamento de grupo a fim de identificar quais condutas foram adequadas e que devem ser mantidas pelos alunos e quais deverão ser abandonadas.

3º Encontro – 2 Aulas (Duração 100 min)**Atividade 01 – Retomar as discussões da aula anterior**

O professor deverá retomar, os questionamentos anteriores, destacando cada algumas questões levantadas anteriormente a fim de elucidar os pontos obscuros que surgiram durante a discussão com os alunos e expor todos os conceitos importantes para a abordagem do que tinha sido observado.

Mediação do professor – Encerramento das discussões acerca das leis da termodinâmica

Após a problematização descrita, deve ser iniciada a segunda intervenção partindo das observações, das discussões e das sínteses processadas pelos alunos a partir das observações feitas na aula anterior. O professor deverá propor uma análise sistematizada de cada ponto (4 pontos) que compõe o corpo de conceitos acerca do Leis da Termodinâmica. Deve deixar claro que as Leis da Termodinâmica apenas poderão ser compreendidas corretamente admitirmos

que a energia em uma transformação se conserva.

Atividade 02 – Encerramento da unidade didática (plano de aula: Apêndice III) com a atividade lápis e papel (atividades Anexo III)

Esta atividade consiste na atribuição de três atividades/problemas (um por célula) para que os alunos discutam, resolvam e em conjunto cheguem a um consenso sobre a melhor resposta. Todos os membros da célula devem saber resolver o problema. Espera-se que os alunos aprendam o conteúdo e garantam que todos na célula também o façam.

Atividade 03 – Encerramento da aula

Nesse momento o professor encerra aula fazendo o processamento de grupo a fim de identificar quais as percepções dos estudantes acerca da utilização das estratégias didáticas propostas para o desenvolvimento das atividades.

Apêndice I – Plano de aula Método Cooperativo - Fila Cooperativa

Duração da Atividade Cooperativa (60 minutos)

CONTRATO DE COOPERAÇÃO: Realize com seus colegas da célula de aprendizagem o contrato de cooperação e dividam entre si as funções: Coordenador, redator; Relator, Gerenciador do Tempo, Gerenciador de Materiais, Controlador do barulho (**2 minutos**).

ORIENTAÇÃO PARA A ATIVIDADE COOPERATIVA (3 minutos): Após a exposição oral do conteúdo, o professor orienta os estudantes para a atividade cooperativa. Para isso:

1. Divide o conteúdo abordado em três subtópicos distintos.
2. Organiza os estudantes em pares formando duas fileiras de três alunos, onde a cada par receberá um subtópico relativo ao conteúdo.
3. Individualmente cada estudante fará a leitura de um subtópico (**15 minutos**)

INTERDEPENDÊNCIA POSITIVA

1. Após a leitura cada par (mesmo coluna) discute o subtópico lido fazendo suas observações acerca do que leu (**4 minutos**).
2. Após a discussão os alunos da coluna A permanecem sentados enquanto os integrantes da coluna B giram no sentido anti-horário de maneira que a cada alternância de cadeira, cada um possa explicar o seu subtópico para o colega do lado. Estas alternâncias são realizadas até que todos os integrantes das duas colunas discutam as informações necessárias para a compreensão dos três subtópicos (**6 minutos**).

FECHAMENTO DA ATIVIDADE

Encerrada as Discussões o professor faz o encerramento da atividade esclarecendo possíveis dúvidas ou equívocos ocorridos durante as leituras.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL: As filas são desfeitas e os estudantes realizam uma atividade individual referente aos três subtópicos estudados (**25 minutos**).

PROCESSAMENTO DE GRUPO (5 minutos): Façam agora a auto avaliação para refletirem sobre as condutas que a célula considera adequadas e devem ser mantidas, bem como os problemas/dificuldades surgidas durante a execução desse trabalho, que precisam ser trabalhados. Anotem no caderno, destaquem e entreguem ao professor para ser anexado ao portfólio dos alunos.

AValiação: Enquanto os estudantes realizam as atividades atribuídas o professor monitora cada célula para verificar em que nível ocorre a realização das tarefas, bem como avaliar o cumprimento dos critérios pré-determinados no início da aula.

Apêndice II – Plano de aula Método Cooperativo - Método dos Pares

Duração da Atividade Cooperativa (75 minutos)

CONTRATO DE COOPERAÇÃO: Realize com seus colegas da célula de aprendizagem o contrato de cooperação e dividam entre si as funções: Coordenador, redator; Relator, Gerenciador do Tempo (2 minutos).

ORIENTAÇÃO PARA A ATIVIDADE COOPERATIVA (3 minutos): Após a exposição oral do conteúdo, o professor orienta os estudantes para a atividade cooperativa. Para isso:

4. Divide o conteúdo abordado em dois subtópicos distintos.
5. Organiza os estudantes em pares formando, onde a cada par receberá um subtópico relativo ao conteúdo.
6. Individualmente cada estudante fará a leitura de um subtópico (15 minutos)

INTERDEPENDÊNCIA POSITIVA – 1º momento

3. Após a leitura cada par discute o subtópico lido fazendo suas observações acerca do que leu (4 minutos).
4. Concluída as discussões cada par entra em consenso sobre a temática abordada em seu tópico (6 minutos).

FECHAMENTO DA ATIVIDADE

Encerrada as Discussões o professor faz o fechamento da atividade esclarecendo possíveis dúvidas ou equívocos ocorridos durante as leituras.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL: os pares são desfeitos e os estudantes realizam uma atividade individual referente ao conteúdo estudado (20 minutos).

INTERDEPENDÊNCIA POSITIVA – 2º momento

Refaz-se os pares e os estudantes realizam uma atividade com questões sobre o conteúdo abordado - os problemas utilizados devem ser diferentes dos da atividade individual (20 minutos).

PROCESSAMENTO DE GRUPO (5 minutos): Façam agora a auto avaliação para refletirem sobre as condutas que a célula considera adequadas e devem ser mantidas, bem como os problemas/dificuldades surgidas durante a execução desse trabalho, que precisam ser trabalhados.

AValiação: Enquanto os estudantes realizam as atividades o professor monitora cada célula para verificar em que nível ocorre a realização das tarefas, bem como avaliar o cumprimento dos critérios pré-determinados no início da aula.

Apêndice III – Plano de aula Método Cooperativo - Teste Cooperativo

Duração da Atividade Cooperativa (75 minutos)

CONTRATO DE COOPERAÇÃO: Realize com seus colegas da célula de aprendizagem o contrato de cooperação e dividam entre si as funções: Coordenador, redator; Relator, Gerenciador do Tempo, Gerenciador de Materiais, Controlador do barulho (**2 minutos**).

ORIENTAÇÃO PARA A ATIVIDADE COOPERATIVA (3 minutos): Após a exposição oral do conteúdo, o professor orienta os estudantes para a atividade cooperativa.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL – 1º MOMENTO

Atividade individual 01 – Após a exposição do professor os estudantes individualmente resolvem uma série de questões cuja resolução (gabarito) é entregue ao professor (**20 minutos**).

INTERDEPENDÊNCIA POSITIVA

Atividade Cooperativa – Após a primeira atividade cooperativa os estudantes formam pares e discutem os problemas resolvidos na 1ª atividade individual. Realizam um consenso acerca da resposta e entrega (gabarito/resolução) ao professor (**25 minutos**).

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL – 2º MOMENTO

Atividade individual 02 – Após a exposição do professor os estudantes individualmente resolvem uma série de questões diferentes das anteriores cuja resolução (gabarito) é entregue ao professor (**20 minutos**).

FECHAMENTO DA ATIVIDADE

Encerrada as Discussões o professor faz o encerramento da atividade esclarecendo possíveis dúvidas ou equívocos ocorridos durante as leituras.

PROCESSAMENTO DE GRUPO (5 minutos): Façam agora a auto avaliação para refletirem sobre as condutas que a célula considera adequadas e devem ser mantidas, bem como os problemas/dificuldades surgidas durante a execução desse trabalho, que precisam ser trabalhados. Anotem no caderno, destaquem e entreguem ao professor para ser anexado ao portfólio dos alunos.

AValiação: Enquanto os estudantes realizam as atividades atribuídas o professor monitora cada célula para verificar em que nível ocorre a realização das tarefas, bem como avaliar o cumprimento dos critérios pré-determinados no início da aula.

Anexo I – Textos Fila Cooperativa

Texto 01 - As máquinas térmicas, a Revolução Industrial e o conceito de energia

O interesse pelas máquinas ou motores durante a Revolução Industrial (de meados do século XVIII a meados do XIX), ocasionado pela mecanização da produção, pelo surgimento das fábricas e, por conseguinte, pela necessidade de otimização e redução de custos dos processos de produção da emergente burguesia industrial figurou como um dos elementos necessários à formulação quantitativa da conservação da energia.

Com o avanço das máquinas, houve certa profusão de um grupo específico de atores sociais que surgia, os técnicos-engenheiros, dentre esses, destacamos a figura de John Smeaton (1724-1792), que dedicou-se ao estudo das rodas hidráulicas, um artefato já à época conhecido, que, atrelado à correnteza de um rio, era utilizado para o acionamento de um conjunto de máquinas.

Numa configuração social capitalista, como a do período supracitado, temos também a figura do trabalhador, que vende sua força de trabalho ao empresário, outra figura relevante nesse contexto. Esse último, por sua vez, lucra de acordo com a produção daquele trabalhador.

Numa sociedade configurada dessa forma, parece óbvia a necessidade de pensar-se em como medir o trabalho realizado e de estabelecer-se um conceito de eficiência, intimamente relacionado ao de produtividade, visto que o aumento dessa implica no crescimento do lucro do empregador. Notadamente, esses conceitos consolidam-se na física por conta de uma demanda industrial.

Nesse ínterim, podemos dizer que o conceito de trabalho mecânico – tomado como o produto da força aplicada sobre um corpo pelo deslocamento provocado por essa nesse corpo – figurou como contribuição fundamental cuja formulação contou com a participação de Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), Gaspard-Gustave Coriolis (1792-1843), Jean-Victor Poncelet (1788-1867), dentre tantos. O conceito de calor, à época considerado um fluido imponderável, o fluido calórico de Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), que suplantou o flogisto de Georg Ernst Stahl (1659-1734), também foi crucial na busca por máquinas mais eficientes e, conseqüentemente, menos dispendiosas.

A construção de uma ciência do calor, cujas bases alicerçaram-se sobre os trabalhos de muitos, como Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), Sadi Carnot e Benoît Paul-Émile Clapeyron (1799-1864), foi imprescindível para que se avançasse das máquinas à termodinâmica e, conseqüentemente, à conservação da energia.

Apesar de assunto controverso, quanto ao processo de desenvolvimento do conceito de conservação da energia, processo esse favorável à doutrina da unidade e (inter)conversibilidade dessas que hoje consideramos como formas de energia, pode-se dizer que certas crenças metafísicas foram determinantes, como a crença a priori em princípios de conservação na natureza: para S. Carnot (1824), a quantidade de calor conserva-se, algo definido aprioristicamente, assim como a “força” (distinta da força newtoniana) descrita por Julius Robert Von Mayer (1814-1878) em seu trabalho de 1842, que mais adiante tornou-se a grandeza energia.

Em seu trabalho de 1843, James Prescott Joule (1818-1889) justifica a indestrutibilidade dessa mesma “força” por meio de afirmações religiosas por ele nutridas. O período aproximado de 1800 a 1900 caracterizou-se pelo aumento do domínio da quantificação; pela procura por leis matemáticas que pudessem ser estabelecidas; pela emergência de uma física unificada, baseada no programa de explicações mecânicas; pela busca de explicações para os fenômenos físicos em termos de leis do movimento, concernentes à estrutura do sistema mecânico, contudo, no que tange à conservação da energia, a forte matematização da ciência à época não foi o fator mais determinante, mas sim o uso de especulações relativas à ideia de unidade da natureza.

Notadamente, podemos dizer que não houve uma conscientização voltada para a inter-relação dos fenômenos causada por quaisquer dados adquiridos experimentalmente, mas, antes disso, o contrário, reforçando uma consciência que já existia. Não há com isso a intenção de dizer que a experimentação e a matematização não foram importantes para o estabelecimento desse produto científico.

É bem sabido que com a ciência moderna, a matemática tornou-se a linguagem pela qual ideias eram expressas e modelos descritivos dos fenômenos elaborados, assim como à experimentação coube o papel de interrogar a natureza e de procurar por corroborações desejáveis às ideias e modelos construídos pelos filósofos naturais.

Pode-se dizer que o último “nó” para “amarrar” a teoria da conservação da energia foi a quantificação de um fator de interconversão entre calor e trabalho, um equivalente mecânico para o calor, algo que surgiu em diversos trabalhos do século XIX, contudo, devido ao fato do princípio de conservação da energia envolver a ideia de conservação de certa grandeza, mediante uma conversão, ele pressupõe não somente certa sofisticação técnica, por meio da qual a sua invariabilidade ao converter-se pudesse ser experimentalmente estabelecida, mas também um quadro conceitual no qual fosse atribuído um significado a essa grandeza conservada.

Ao longo do século XIX, diversos filósofos naturais fizeram contribuições importantes para o estabelecimento do princípio de conservação da energia como uma lei física fundamental. Esses indivíduos não comunicaram exatamente as mesmas coisas, contudo, todos tratavam de aspectos semelhantes da natureza.

Nos trabalhos publicados por eles atenta-se para a presença de uma “força” metafísica, única e indestrutível, subjacente aos diversos fenômenos envolvidos nos processos de conversão. A ideia de algo imutável por trás dos fenômenos naturais, de algo primordial que se conserva, já existe desde os filósofos pré-socráticos.

Essa concepção metafísica, apriorística, foi de grande relevância no contexto científico clássico, especificamente no que tange às considerações newtonianas e leibniziana acerca de Deus. Foi ela que levou Descartes (1596-1650) a conceber a hipótese de conservação do movimento, visto que, num primeiro momento, Deus o teria causado na matéria. Nesse ínterim, Descartes estabeleceu os conceitos de conservação da quantidade de movimento – produto da massa de um corpo pelo módulo da velocidade – e a lei da inércia. Justificava-se a conservação, pois, somente assim, o Universo não tenderia à imobilidade.

O imutável, assim como o indestrutível, encontrava-se diretamente relacionado à perfeição, ao ideal, ao divino. Podemos dizer que um princípio de conservação traduzia a perfeição de algo que foi criado ou causado, ou a perfeição daquele (ou daquilo) que criou-o ou causou-o. O que é perfeito não pode mudar, pois mudando poderia não mais sê-lo.

Texto 02 - A “Força” como princípio unificador e a quantificação do fator de conversão

A concepção metafísica, apriorística, foi de grande relevância no contexto científico clássico, especificamente no que tange às considerações newtonianas e leibniziana acerca de Deus. Foi ela que levou Descartes (1596-1650) à conceber a hipótese de conservação do movimento, visto que, num primeiro momento, Deus o teria causado na matéria.

Nesse ínterim, Descartes estabeleceu os conceitos de conservação da quantidade de movimento – como sendo o produto da massa de um corpo pelo módulo da velocidade desse corpo – e a lei da inércia. Justificava-se a conservação, pois, somente assim, o Universo não tenderia à imobilidade.

O imutável, assim como o indestrutível, encontrava-se diretamente relacionado à perfeição, ao ideal, ao divino. Podemos dizer que um princípio de conservação traduzia a perfeição de algo que foi criado ou causado, ou a perfeição daquele (ou daquilo) que criou-o ou causou-o. O que é perfeito não pode mudar, pois mudando poderia não mais sê-lo.

Notadamente, uma noção fundamental disponível em alguns sistemas filosóficos racionalistas à época e presente nas ideias de Leibniz, foi a de causa imanente. De acordo com esse conceito, há identidade completa entre causa e efeito, ou seja, a causa torna-se seu próprio efeito.

Cria-se à época numa ligação intrínseca de causalidade entre a vis (força) e o movimento dos corpos, sendo a primeira imanente ao segundo e, para que os corpos pudessem ocupar seu lugar natural, tornava-se necessário o esgotamento da vis. Leibniz, fortemente influenciado por essa ideia, procurou, como Descartes, por uma melhor forma de estabelecer a medida do movimento da matéria. Para ele, esse movimento era efeito de uma vis que lhe foi causa imanente.

Pela análise matemática de uma conhecida situação idealizada do movimento de corpos em queda livre, estabelecida por Galileu (1564-1642) em 1638, Leibniz inferiu que a grandeza conservada poderia ser quantificada como o produto da massa de um corpo pelo quadrado da velocidade desse corpo, nomeando-a vis viva (força viva). Pela hipotética relação de identidade entre a vis e o movimento, Leibniz assentou seu princípio de conservação de vis viva, corroborando assim a ideia de perfeição de Deus e de sua obra.

A justificação do princípio de conservação requeria algo mais do que simples afirmações para estabelecer-se efetivamente. Precisava-se de uma relação quantitativa entre grandezas conhecidas mensuráveis. Somente assim seria possível uma testagem experimental, referente à existência (ou não) de uma relação constante entre tais quantidades. “Além da identificação de uma entidade comum aos vários processos de conversão, era importante também, para a emergência de um princípio de conservação com utilidade prática, a quantificação de um fator de conversão padrão”.

No decorrer do século XIX, a vis viva de Leibniz passou por uma reformulação matemática. Passou a ser quantificada como sendo a metade do produto da massa de um corpo pelo quadrado da velocidade desse mesmo corpo. Coriolis (em 1829) foi o primeiro a insistir na divisão por dois da vis viva estabelecida por Leibniz e assim o fez para que houvesse uma igualdade numérica entre a vis viva e o trabalho produzido por essa.

Dessa maneira, obteve-se na conservação da vis viva uma modelagem conceitual adequada para a quantificação dos processos de conversão; a concepção leibniziana de conservação da vis viva foi extrapolada para os fenômenos naturais como um todo, algo que culminou na formulação do princípio de conservação da energia.

Entre 1842 e 1847, quatro trabalhos são publicados – por Mayer, Joule, Colding e Helmholtz – nos quais, apesar de com suas respectivas particularidades, discute-se a hipótese

da conservação de certa grandeza. Esses trabalhos destacam-se pela apresentação de análises quantitativas concretas relativas a essa conservação – muito embora, já em 1831, Carnot houvesse registrado um valor para o fator ou coeficiente de conversão, um equivalente entre o calor e o trabalho, sem, contudo, publicá-lo. Isso reforçava as convicções nutridas à época – e também registradas, por exemplo, por Marc Séguin (1786-1875) em 1839, Carl Alexander Holtzmann (1811-1865) em 1845 e Hirn em 1854 – acerca da possibilidade desses fenômenos serem quantitativamente intercambiáveis.

No trabalho de Mayer (1842), encontramos a ideia de uma possível conservação de uma “força” indestrutível, mutável e imponderável, subjacente aos diversos fenômenos envolvidos nos processos de conversão. Nesse trabalho, ele calculou o equivalente mecânico do calor ($1\text{cal} = 3,6\text{J}$). Fez isso a partir do calor liberado na compressão de um gás.

Em 1843 Joule publicou seu primeiro trabalho relacionado ao tema – mesmo ano em que Colding também o fez. Nesse trabalho, Joule ocupou-se, fundamentalmente, do estudo do calor que surge em fenômenos eletromagnéticos; procurou estabelecer uma relação de proporcionalidade entre o calor gerado na bobina de um eletroímã e o quadrado da corrente elétrica que percorre essa bobina (basicamente, um estudo quantitativo do “efeito joule”).

Joule também explicitou uma relação entre calor e trabalho, estabelecida por meio de estudos de dínamos e motores elétricos. Os valores apresentados por ele, correspondentes a 1cal , oscilavam entre $3,2\text{J}$ e $5,5\text{J}$, resultados visivelmente inadequados para que sustentasse-se uma possível relação constante entre trabalho e calor.

Colding explicitou ideias semelhantes às de Mayer acerca da conservação e conversão da “força”. Segundo Colding, toda vez que uma força, aparentemente, extingue-se, por conta de um trabalho mecânico, químico ou de qualquer que seja sua natureza, ela, na verdade, transforma-se, reaparecendo sob uma nova forma, na qual toda a sua grandeza primitiva é conservada.

Colding estabeleceu uma relação quantitativa entre calor e trabalho mecânico de 1cal para $3,4\text{J}$. Em 1847, foram publicados os trabalhos de Helmholtz, relativos à conservação da “força”. Nesses Helmholtz procurou fornecer um panorama teórico aprofundado, detalhado e unificado acerca dos processos de transformação da “força” (mecânicos, térmicos e eletromagnéticos). Para citarmos mais exemplos, Karl Friedrich Mohr (1806-1879), Robert Grove (1811-1896) e Faraday (1791-1867) também descreveram a diversidade de fenômenos como manifestações de uma única “força” que, no decorrer das transformações, conserva-se, não havendo a possibilidade de criar-se ou destruir-se “força”.

Gower afirma que para Faraday (em trabalho de 1834), por exemplo, “os diversos ‘poderes’ da matéria” – que poderíamos chamar de fenômenos ou tipos de energia relacionados a esses fenômenos – “estão conectados e são devidos a uma causa comum”. Para Mohr (em obra de 1837), essa causa, “a ‘força’, pode aparecer sob várias circunstâncias, tais como movimento, afinidade química, coesão, eletricidade, luz, calor e magnetismo.” Mohr ainda afirmou que “a partir de qualquer um desses tipos de fenômeno, todos os outros podem ser convocados”. Para Grove (em escritos de 1843), “a ‘vis’, o calor, a luz, a eletricidade, o magnetismo, a afinidade química e o movimento, podem, como ‘forças’, interproduzir-se ou interconverter-se uns nos outros”.

No início dos anos 1850, a “força” supracitada foi renomeada, tornando-se aquilo que conhecemos como energia. William John Macquorn Rankine (1820-1872), William Thomson (1824-1907), dentre outros, estabeleceram essa mudança de “força” para energia, segundo Crosbie Wimperis Smith, motivados por razões mais do que linguísticas. Com relação ao nascimento da ciência da energia, a instauração de uma nova linguagem nada mais era do que “sintomática de uma série de profundas mudanças conceituais que resultaram em uma nova visão científica”.

Notadamente, algumas das grandezas que hoje em dia reconhecemos como formas de energia, até o fim do século XVIII encontravam-se sem conexão ou eram tão somente pouco relacionadas. É possível citar, por exemplo, a energia cinética, conhecida à época como vis viva, e a energia potencial, então conhecida como vis mortua. O desenvolvimento do conceito de conservação de energia configurou-se como um movimento favorável à unificação dessas que hoje consideramos como formas de energia.

Texto 03 - Primeira Lei da Termodinâmica: História e filosofia (Contexto histórico e energia)

A primeira ideia de energia era relacionada ao calor e à força. Francis Bacon definiu as fontes de calor como fogo, raio e inclusive o verão. Esse conceito foi mudando ao longo dos séculos e foi até considerado como uma espécie de matéria por Pierre Gassendi. Joseph Black descobriu que ao se derreter gelo, a temperatura não se altera. Portanto, ele percebeu uma espécie de calor que não estava associado à variação da temperatura. Dessa forma, ele diferenciou a quantidade da intensidade do calor e criou o conceito de Calor Latente, usado até hoje na Termodinâmica.

Porém, nem todas as teorias e inovações no conceito de calor foram na direção correta. Incrivelmente foi Laurent Lavoisier, o famoso cientista que revolucionou a Química, quem

propôs uma teoria que hoje é tida como equivocada. Lavoisier definiu calor como um dos elementos da natureza e disse se tratar de um fluído, o qual chamou de Calórico. Esse fluído seria liberado quando se tirassem lascas de um metal e então ele ficaria quente. Essa ideia se mostrou errônea à medida que o conceito de energia foi sendo desenvolvido. Apesar disso, pela sua grande influência e grandes descobertas na área da Química, Lavoisier teve sua Teoria Calórica mantida durante mais de meio século.

O primeiro cientista a questionar a Teoria Calórica foi Benjamin Thompson. Apesar de ter nascido nos Estados Unidos, Thompson ajudou os ingleses na guerra contra os colonos norte-americanos e ao fim da guerra saiu do país e viajou por vários países do mundo até parar em Munique, na Alemanha. Lá, já conhecido pelas suas invenções e sua organização e bem aceito no meio científico trabalhou para o Príncipe da Baviera desde plantando árvores no Englisch Garten (Jardim Inglês em alemão) até em fábricas de uniformes militares. O Príncipe ficou tão satisfeito com seu trabalho que o tornou Conde, nomeando-o Graf von Rumford (Conde de Rumford em alemão). O detalhe é que Rumford, cidade onde Thompson morou por muitos anos, havia mudado de nome e se chamava Concord e que o próprio Thompson era proibido de voltar lá devido ao seu apoio aos ingleses durante a Guerra pela Independência Norte-americana.

Graf von Rumford foi designado para trabalhar com perfuração de canhões e foi justamente nesse trabalho que ele percebeu que a teoria de Lavoisier estava errada. Ele viu que brocas mais chatas liberavam mais calórico que as mais afiadas (inclusive calórico suficiente para derreter o canhão). Assim, ele notou que a Teoria Calórica não era verdade e que o calor estava relacionado ao movimento.

Thompson, ao continuar seus experimentos científicos na Inglaterra, resolveu pesar o gelo e a água (o mesmo gelo após derreter) e viu que a massa era igual, ou seja, como foi dado calor ao gelo, se o calórico existisse, ele não poderia ter massa, logo não condiziria com o que propôs Lavoisier. Rumford e suas descobertas permaneceram quase que ignoradas até meados de 1840, quando três cientistas descobriram separadamente e no mesmo período o que hoje é conhecido como a Primeira Lei da Termodinâmica.

A revolução industrial e suas implicações

Em meados dos séculos XVIII e XIX, um dos assuntos mais intrigantes aos cientistas da época era a transformação de calor em movimento através das máquinas térmicas, dois conceitos que Rumford já havia teorizado. Neste período, ocorria a Revolução Industrial na

Inglaterra e as máquinas térmicas à vapor foram as grandes responsáveis por parte do seu sucesso. O princípio dessas máquinas era bastante simples: aquecendo um gás ele se expandia.

Em 1763, o escocês James Watt percebeu que havia um grande desperdício de vapor, que custava dinheiro e diminuía os lucros das indústrias. Entretanto, acredita-se que a primeira máquina térmica seja datada de 50 d.C. e desenvolvida por Héron de Alexandria. Héron descobriu que o ar se expandia quando aquecido, e assim, poderia utilizá-lo para produzir força mecânica. O grande Leonardo da Vinci também usou o vapor d'água para produzir movimentos.

Preocupado em aperfeiçoar as máquinas térmicas, o cientista francês Sadi Carnot (1796-1832) desenvolveu em 1824 a teoria que explicava o rendimento de uma máquina, ou seja, quanto de calor a máquina transformava em trabalho. Ele então desenvolveu um modelo teórico para as máquinas térmicas e descobriu qual deveria ser a maneira mais eficiente de transformar calor em movimento. A esse modelo teórico, deu-se o nome de Máquina de Carnot.

O estabelecimento do princípio da conservação de energia também ocorreu no século XIX, em estudos da termodinâmica. Este conceito também é decorrente dos estudos de calor, já tendo sido inclusive mencionado (segundo alguns historiadores) por Rumford. Nessa época, já se sabia que o calor poderia ser gerado pelo atrito (energia mecânica), eletricidade e reações químicas. Por volta de 1840, o físico inglês Joule (1818-1889) em seus estudos, procurou quantificar a energia mecânica necessária que equivalesse a uma caloria (a quantidade de calor necessário para aumentar em 1°C uma massa de 1g de água). Em sua homenagem, atribuiu-se o seu nome à unidade de energia, Joule [J], sendo $1\text{cal} = 4,186\text{J}$.

Em 1848, o engenheiro, físico e matemático William Thomson, também conhecido como Lorde Kelvin, publicou um artigo fundamentado na teoria de Carnot. Nele, buscou a equivalência entre a escala de temperatura dos gases ideais e a escala de temperatura termodinâmica, desenvolvendo uma escala cujas referências eram os pontos fixos: zero absoluto (0) e a temperatura do gelo fundente (273,16). Essa escala é utilizada até hoje e, em sua homenagem, sua unidade no SI é Kelvin [K].

Conceitos da primeira lei da termodinâmica

O conceito de Calor, que é usado nos dias de hoje, é definido como a energia térmica transferida de um sistema a outro e está relacionado à diferença de temperatura entre esses sistemas, de modo que a energia vai do sistema de maior temperatura para o de menor temperatura. Já Trabalho é definido como a energia relacionada à ação de uma força ao longo

de um deslocamento, ou de maneira mais geral, a energia relacionada a o produto de uma grandeza intensiva (por exemplo, o deslocamento) por outra extensiva (por exemplo, a força).

No século XIX, três cientistas correlacionaram o calor ao trabalho, algo que já vinha sendo estudado e feito em máquinas térmicas. Os três (Mayer, Joule e Hermholtz), através de estudos distintos, chegaram à mesma conclusão: a Primeira Lei da Termodinâmica. Esta lei define o conceito de energia, mais especificamente o da energia interna, como sendo a diferença de calor e trabalho.

$$\Delta U = Q - \tau$$

Anexo II – Textos Método dos Pares

Texto 04 - Sadi Carnot: Caminhos para o enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica

Apesar de o trabalho de Carnot (1824) estar no campo tecnológico, o seu caráter teórico, dado de forma abstrata, talvez fosse à razão para o seu não reconhecimento. Conforme já dito, encontra-se em um período em que as teorias científicas, para serem bem aceitas, tinham de ter uma importância empírica e um poderoso formalismo matemático. Contudo, sua obra quebra os paradigmas vigentes, por conseguinte, gera mudanças de concepções com suas ideias e formulações. Em meio à Revolução Industrial, deixa elementos suficientes para os pilares da termodinâmica, continuados por outros cientistas, a exemplo de Benoit Paul Émile Clapeyron, William Thomson e Rudolf Julius Emmanuel Clausius.

Inicialmente, a única pessoa que compreendeu e manteve a memória dos resultados de Carnot foi Clapeyron. Ele regressou a França, em 1830, e publicou uma reformulação do manuscrito daquele cientista. Nóbrega (2009, p. 32-34) comenta que Clapeyron logo após a morte de Carnot, em 1832, respalda-se no trabalho deste e acrescenta em sua pesquisa uma formalização algébrica que transforma a análise verbal de Carnot no simbolismo de cálculo cheio de derivadas; além de uma representação gráfica do ciclo proposto pelo Carnot e do seu funcionamento, visando conferir ao trabalho original maior clareza.

A afirmação de Clapeyron se diferenciava muito, na sua forma de apresentação, embora tenha alcançado os mesmos resultados. Foi sintético em tudo e fez apenas referências superficiais para os problemas do projeto do motor para a aplicação industrial, que tinha sido destaque no trabalho original. Também deduziu novos resultados e fez sua derivação clara, através do uso de diagramas indicadores, que têm validade até hoje. O diagrama pressão versus volume, na figura 10, mostra o ciclo de Carnot segundo a interpretação de Clapeyron:

Na interpretação gráfica exposta na figura 10, Clapeyron em 1834 descreve os passos do ciclo de Carnot (1824, p. 89), no ramo C-E tem-se uma expansão isotérmica à temperatura da fonte quente (T_q), no ramo E-F tem-se uma expansão

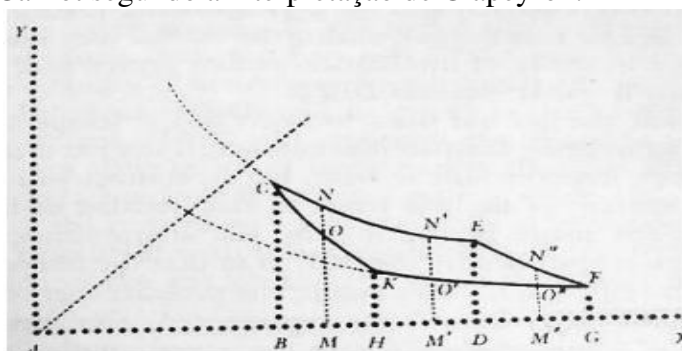


Figura 10: Ciclo de Carnot interpretado por Clapeyron⁴⁶.

adiabática, a substância é isolada da fonte quente, ramo F-K a substância passa por uma compressão isotérmica à temperatura T_f , e no ramo K-C ver-se uma compressão adiabática.

Mesmo em um período de crença na teoria do calórico, Carnot e Clapeyron escreveram seus trabalhos na altura de haver nenhuma declaração inequívoca da equivalência de calor e energia. Como resultado, muitas de suas afirmações parecem estar incorretas em primeira leitura. No entanto, a dificuldade em grande parte é de compreender as diferentes maneiras que eles usaram para as palavras calor e calórico. Clapeyron, além de dar vida ao trabalho de Carnot, levaria outros cientistas a estudarem a obra original, a exemplo de W. Thomson (1824-1907) e do físico alemão Rudolf J. Clausius (1822-1888), que perceberam a importância deste trabalho e a injustiça de suas ideias terem ficado no anonimato por tanto tempo.

Dias (2007) comenta que o William Thomson foi para Paris, após a graduação, para trabalhar e estudar com Regnault, um experimentador cuidadoso e influente; que ao procurar o manuscrito de Carnot, tudo que encontrou foi o artigo de Clapeyron:

Thomson leu um artigo de Emile Clapeyron *Puissance motrice de lachaleur* publicado em 1834, no *Journal de "Ecole Polytechnique e*, em 1843, no *Annalen der Physik*. Nesse artigo, Clapeyron apresenta um resumo de uma teoria proposta, em 1824, por Nicolas Léonard Sadi Carnot, no livro *Réflexions sur l'apuisseance motrice du feu et sur les machines propres a dévellop percette puissance*. Thomson entendeu que a solução de seu problema estava na teoria de Carnot e procurou o livro em Paris; não achou, naquela ocasião, mas os frutos já estavam ali (DIAS, 2007, p. 493).

A interpretação de Clapeyron foi à contribuição significativa para iniciar-se no processo do estabelecimento da segunda lei da termodinâmica. Por esse meio, Thomson se apropria da teoria de Carnot, na tentativa de organizar uma escala termométrica absoluta. Segundo Dias (2007), Thomson escreve quatro importantes artigos científicos que abriram o caminho para a formulação da segunda lei da termodinâmica. Dentre eles, estes dois são mais bem citados:

Em sequência, Thomson publicou dois artigos que traçaram o destino da teoria do calor: (I) 1849: *On an absolute thermometric scale founded on Carnot's theory of the motive power of heat, and calculated from Regnault's observations* (*Philosophical Magazine*). Esse artigo é mais bem entendido como um "teorema de existência": Thomson usa a teoria de Carnot para demonstrar (teoricamente) a existência de uma temperatura absoluta. (II) 1849: *An account of Carnot's theory of the motive power of heat; with numerical results deduced from Renault's experiments on steam* (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 16, 571-574). Nesse artigo, Thomson apresenta um resumo da teoria de Carnot, com os acréscimos de Clapeyron (DIAS, 2007, p. 494).

Neste primeiro artigo, Thomson acredita ser necessário estabelecer uma escala de temperatura absoluta; baseia-se inteiramente no manuscrito de Carnot, na afirmação de que uma quantidade de calor, passando entre as duas fontes, a temperaturas diferentes, pode produzir, no máximo, determinada quantidade de trabalho. Neste segundo, logo após sua investigação sobre a escala absoluta, apresenta dubiedade em determinados pontos do trabalho de Carnot e de Joule, propondo-se a investigar o trabalho mecânico (DIAS, op. cit.). Por um lado, Carnot

se limitou a descrever o método de produção de efeito do calormecânico, meio do calor da contração e expansão, concluindo com o axioma, base de sua teoria, de que o calor era conservado. Por outro lado, Thomson chama a atenção para a descoberta de Joule, de que o calor não era uma substância como proposta em Reflexões.

A teoria mecânica do calor se consolida definitivamente com os trabalhos realizados pelo físico inglês James Prescott Joule (1818-1889). Este cientista se interessou pelo ramo do eletromagnetismo e pela termodinâmica, áreas da Física que mais progredia na época. Ele procurava encontrar nelas a fonte mais eficiente de energia para a seu motor elétrico ou máquina a vapor.

Segundo Díaz (2014, p. 38-44), por volta de 1843, o artigo que publica, na *Philosophical Magazine* intitulado *On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat*, formulou a expressão matemática que relaciona a intensidade da corrente elétrica que passa por um fio e o calor nele gerado. Joule aprofundou seu estudo construindo um motor eletromagnético, por meio do qual conseguiu converter energia mecânica em calor, levando-o a rejeitar completamente a teoria do calórico e a realizar um experimento importante. A figura 11 apresenta o desenho do aparelho construído por Joule, em que sustentava a teoria de que o calor seria gerado por fricção dos fluidos em movimento (QUADROS, 1996, p. 54-58):

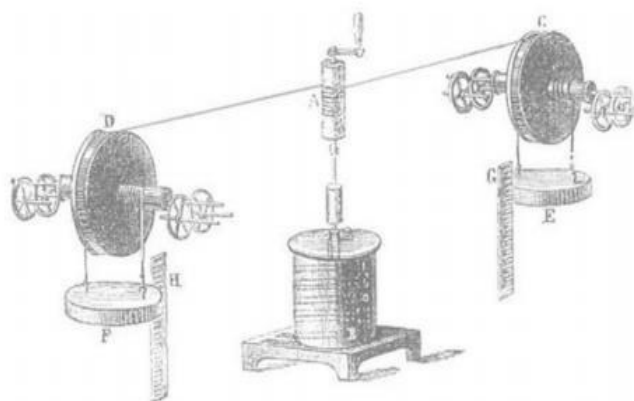


Figura 11: Aparelho de Joule⁴⁸.

A figura 11 mostra o desenho do aparato original de Joule, reproduzido pelo Museu Nacional de Manchester, Inglaterra, onde está exposto.

Texto 05 - Sadi Carnot: Caminhos para o enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica

A teoria mecânica do calor se consolida definitivamente com os trabalhos realizados pelo físico inglês James Prescott Joule (1818-1889). Este cientista se interessou pelo ramo do eletromagnetismo e pela termodinâmica, áreas da Física que mais progredia na época. Ele procurava encontrar nelas a fonte mais eficiente de energia para a seu motor elétrico ou máquina a vapor.

Segundo Díaz (2014, p. 38-44), por volta de 1843, o artigo que publica, na *Philosophical Magazine* intitulado *On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat*, formulou a expressão matemática que relaciona a intensidade da corrente elétrica que passa por um fio e o calor nele gerado.

Joule aprofundou seu estudo construindo um motor eletromagnético, por meio do qual conseguiu converter energia mecânica em calor, levando-o a rejeitar completamente a teoria do calórico e a realizar um experimento importante. A figura 11 apresenta o desenho do aparelho construído por Joule, em que sustentava a teoria de que o calor seria gerado por fricção dos fluidos em movimento (QUADROS, 1996, p. 54-58):

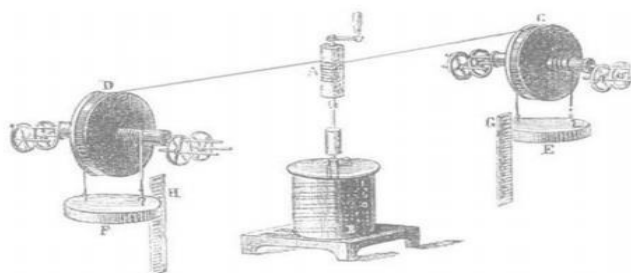


Figura 11: Aparelho de Joule⁴⁸.

A figura 11 mostra o desenho do aparato original de Joule, reproduzido pelo Museu Nacional de Manchester, Inglaterra, onde está exposto⁴⁹. Faz-se necessário uma síntese do relato dessa experiência e de seus resultados, publicados em 1850. Acerca das considerações desse experimento, Medeiros et al. (2000) explica:

Dentre os vários experimentos realizados por Joule, sobre a relação trabalho calor, o mais célebre deles envolvia um calorímetro de pás. Tal calorímetro constituía-se de um recipiente feito de cobre contendo em seu interior um conjunto de pás móveis e outro de pás fixas. As pás móveis eram conectadas a um eixo que girava a partir da queda de dois corpos de mesma massa. As pás fixas eram, por sua vez, conectadas às paredes do calorímetro. Os corpos eram suspensos por fios que, após passarem por um sistema de roldanas, eram enrolados no eixo das pás móveis. No interior do calorímetro, era colocada água, que era então agitada pela rotação das pás. Grande parte da energia de queda dos corpos era transformada em calor dentro do calorímetro. Um termômetro, colocado no recipiente, permitia a medida da elevação da temperatura da água. A partir daí, era possível, determinar a relação existente entre a parcela da energia mecânica resultante da queda dos corpos, convertida em calor, e o valor deste calor produzido no interior do vaso colorimétrico. O problema, no entanto, era fazer uma estimativa precisa do valor da parcela da energia mecânica que efetivamente era convertida em calor. Diante das múltiplas perdas no sistema, abaixo descritas, restavam a Joule dois possíveis caminhos. O primeiro, de execução extremamente difícil, seria conseguir calcular todas aquelas perdas. Diante da dificuldade prática de tal cálculo, Joule optou por uma segunda alternativa, qual seja a de sem poder calcular as perdas com uma boa precisão, minimizá-las ao máximo (MEDEIROS et al., 2000, p. 2).

Ao final do relato pode-se concluir que, em primeiro lugar, a quantidade de calor produzido pelo atrito entre corpos, líquidos ou sólidos é sempre proporcional à quantidade de força. Joule afirma que o calor é energia e não um fluido; se assim fosse, deveria ser inesgotável, pois sempre que os pesos caíam, a temperatura se elevava. Além do mais, medida da quantidade

de calor gerada em unidades de energia ficou conhecida como equivalência mecânica do calor, teoria essa que o Thomson, inicialmente, era descrente.

Nóbrega (2009) aponta que Thomson entra em um dilema entre as duas teorias, que para ele deveria ter uma aparente contradição,

Estaria mais inclinado para a teoria de Carnot, uma vez que para ele o calor era produzido pela queda de calor de uma temperatura de um nível mais elevado para outro menos elevado, [...] contradição existente entre Carnot e Joule foi evidenciada. E era difícil de visualizar como essas duas proposições contraditórias poderia ser reconciliadas (NÓBREGA, 2009, p. 40).

Dias (2007) ainda complementa:

William Thomson, o futuro Lorde Kelvin, colocou o seguinte dilema: i) James Prescott Joule demonstrou, por experimento, que calor pode ser transformado em trabalho e vice-versa. ii) Portanto, se a máquina realiza trabalho, calor não pode ser todo ele, transportado de uma fonte para a outra. Ele tem de “virar” trabalho, isto, é, ser consumido, usado, gasto. iii) Logo, ou Carnot está certo e Joule errado; ou Carnot está errado e Joule certo (DIAS, 2007, p. 230).

Esse dilema de Thomson abre o caminho e quem se propõe a dar uma resposta é Clausius, através do trabalho de Clapeyron, em 1850. Tomando conhecimento da importância do trabalho de Carnot, publica um artigo, intitulado: *On the moving force of heat*. Nóbrega (2009) aponta que este artigo explica a aparente contradição que Thomson tinha apresentado tanto em Carnot como em Joule.

Para Clausius, a potência motriz (chamada por Carnot) resulta na transformação de parte do calor, que vai da fonte de maior temperatura para a de menor, pelo que não podia haver conservação de calor. Assim, ele concilia as ideias de que trabalho é produzido pelo calor – de que certa quantidade de calor passa de um corpo quente para um frio, sem que nenhum calor seja perdido nesse processo de transmissão, e que a quantidade permanece inalterada – com a experiência de J. Joule. Outros sim, através desse trabalho, ele clarifica muitos dos conceitos da termodinâmica, dando-lhes a forma atual (DÍAZ, 2014).

Após a aparente contradição ser explicada, Clausius fundamenta os alicerces da matemática para a termodinâmica. Como o princípio de conservação da energia já estava em uso, concluiu que uma máquina a vapor absorve calor de um reservatório de temperatura elevada e converte parte dele em trabalho, o restante é lançado em um reservatório frio.

Segundo Díaz (2014, p. 50), ele parte da ideia de Carnot, de que toda máquina a vapor deveria descartar uma quantidade definida de calor, e a denomina de Segunda Lei da Termodinâmica, um fato que deveria ser verificado. Tendo em vista o lado experimental, ele procurou por uma formulação logicamente equivalente a da segunda lei, que fosse mais clara e

objetiva. Quadros (1996) salienta que Clausius formulou a sua expressão teórica em uma conhecida frase: “É impossível a construção de um dispositivo que, operando em ciclos, produza como único efeito a transferência de calor de um corpo frio a um quente” (Ibidem, p. 71).

Em 1851, William Thomson melhorou o tratamento desenvolvido por Carnot; com o propósito de expor a irreversibilidade dos processos naturais, chega ao enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica. Dias (2007), analisando o artigo de Thomson, afirma,

Após o artigo de Clausius, Thomson publica mais dois artigos, que mostram o pensador profundo: *On the dynamical theory of heat, with numerical results deduced from Mr. Joule's equivalent of a thermal unit, and M. Regnault's observations on steam* (Transactions of the Royal Society of Edinburgh 20, 261-268, 289-298). Nesse artigo, Thomson resume a teoria do calor, com as mediações de Clausius. Nele, Thomson enuncia a segunda lei de um modo que, segundo ele, havia formulado antes do artigo de Clausius: É impossível, por meio de agente material inanimado, derivar trabalho mecânico de qualquer parte da matéria, esfriando-a abaixo da temperatura do objeto mais frio, nas redondezas (DIAS, 2007, p. 495. Grifo nosso).

Nóbrega (2009) também a partir do artigo de Thomson (1851) faz referência clara ao enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica, mostrando que Clausius chegou à mesma conclusão, baseado em um axioma diferente: “É impossível para uma máquina que age sozinha sem ajuda de algum agente externo transportar calor de um corpo para outro com uma temperatura maior” (THOMSON apud NÓBREGA, 2009, p. 47).

Para esse enunciado, pode-se inferir que não existem máquinas térmicas perfeitas que façam transferência total de calor de um corpo de menor temperatura para de maior. Máquinas térmicas, como locomotivas a vapor, é um tipo de dispositivo que transforma calor em trabalho mecânico por meio de ciclos.

De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, não é possível construir máquina a vapor cujo rendimento seja de cem por cento. É uma lei limitante, por não poder ocorrer de forma espontânea, apontando os limites da natureza. Enquanto a Primeira Lei é regida pelo princípio da conservação de energia, a perda de um lado aparece do outro, podendo ser aplicada a processos reversíveis ou não, em qualquer sentido desses processos.

Além do mais, essa Segunda Lei é um princípio poderoso na natureza, por fornecer a regra que rege as transformações de energia na natureza. Portanto, reiteramos a construção dessa lei, como conhecemos hoje, só foi possível através da obra de Carnot, de idealizar um ciclo reversível para qualquer máquina a vapor, sem perdas de calor e com rendimento o maior possível. Logo, essa teoria é a base inicial do que viria a estruturar a termodinâmica como parte da mecânica clássica.

Anexo III – Itens utilizados durante a execução da proposta didática de ensino para consolidação das discussões em célula

Fila Cooperativa – Atividade Individual

01. (PUCMG) No filme "Kenoma", uma das personagens, Lineu, é um artesão que sonha construir um motor que não precise de energia para funcionar. Se esse projeto tivesse sucesso, estaria necessariamente violada a:

- a) Primeira Lei de Newton.
- b) Lei da Conservação da Energia.
- c) Lei da Conservação da Quantidade de Movimento.
- d) Primeira Lei de Kirchhoff.
- e) Lei de Snell-Descartes.

02. (UNESP) A primeira lei da termodinâmica diz respeito à:

- a) dilatação térmica
- b) conservação da massa
- c) conservação da quantidade de movimento
- d) conservação da energia
- e) irreversibilidade do tempo

03. (UFRS) Enquanto se expande, um gás recebe o calor $Q = 100\text{J}$ e realiza o trabalho $W = 70\text{J}$. Ao final do processo, podemos afirmar que a energia interna do gás

- a) Aumentou 170J .
- b) Aumentou 100J .
- c) Aumentou 30J .
- d) Diminuiu 70J .
- e) Diminuiu 30J .

04. (UFSM) Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica

- a) A energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão.
- b) Não troca energia na forma de calor com o meio exterior.
- c) Não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior.
- d) A energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás.
- e) O trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

05. (UNIRIO) Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80J durante uma compressão isotérmica?

- a) 80J
- b) 40J
- c) Zero
- d) -40J
- e) -80J

06. (UFSM) Um gás ideal sofre uma transformação: absorve 50cal de energia na forma de calor e expande-se realizando um trabalho de 300J . Considerando $1\text{cal} = 4,2\text{J}$, a variação da energia interna do gás é, em J , de

- a) 250

- b) -250
- c) 510
- d) -90
- e) 90

07. URCA/2017.1 - Considere o texto:

Um conceito amplo de calor se refere a forma de transferência de energia não mecânica entre sistema e vizinhança, ou seja, uma forma de transferência de energia entre sistema e vizinhança não relacionada a trabalho mecânico, podendo ser decorrente de diferença de temperatura entre sistema e vizinhança ou mesmo advinda de radiação solar etc.

Podemos dizer que se um sistema termodinâmico libera para a vizinhança, num certo processo, uma quantidade de calor cujo valor absoluto é 7 Joules e realiza um trabalho de 3 Joules então, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a variação de energia interna do sistema, é:

- a) 10 Joules.
- b) -10 Joules.
- c) 4 Joules.
- d) -4 Joules.
- e) 2 Joules.

08. (UFRRJ) Um sistema termodinâmico, ao passar de um estado inicial para um estado final, tem 200J de trabalho realizado sobre ele, liberando 70 cal. Usando a Primeira Lei da Termodinâmica e considerando que 1 cal equivale a 4,19 J, indique o valor de τ , Q e ΔU , com os respectivos sinais.

09. (UFBA) De acordo com a Teoria da Termodinâmica, é correto afirmar:

- a) O calor só pode fluir de um corpo a outro de menor temperatura.
- a) O Princípio da Conservação da Energia é válido para qualquer sistema físico isolado.
- b) Uma máquina térmica transforma integralmente calor em trabalho.
- c) A variação da entropia corresponde à variação da energia útil do sistema.
- d) Todos os processos naturais irreversíveis acarretam aumento na indisponibilidade de energia.

10. (ENEM 2003) No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece

- a) Na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
- b) Nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
- c) Na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
- d) Na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
- e) Na carburação, com a difusão do combustível no ar.

Método dos Pares – Atividade Individual

01. (URCA/2017.2) Os fenômenos macroscópicos são, a rigor, irreversíveis a menos de situações experimentalmente controladas “quase reversíveis”. A expansão livre de um gás, por exemplo, é um fenômeno irreversível. Um outro exemplo é a passagem espontânea de calor de um corpo para outro de menor temperatura (ou mais frio). A lei física ligada a irreversibilidade dos fenômenos macroscópicos corresponde a:

- a) Lei de conservação de energia;
- b) Segunda lei da termodinâmica;
- c) Primeira lei da termodinâmica;
- d) Lei zero da termodinâmica;
- e) Segunda lei de Newton.

02. No século XIX, um industrial pede a um engenheiro que projete uma locomotiva a vapor que transforme em trabalho todo o calor retirado da sua caldeira a alta temperatura, durante um ciclo de funcionamento do motor. Em resposta, o engenheiro argumenta que é impossível atender a tal solicitação, visto que ela contraria a:

- a) lei zero da Termodinâmica.
- b) primeira lei da Termodinâmica.
- c) segunda lei da Termodinâmica.
- d) terceira lei da Termodinâmica.
- e) quarta lei da Termodinâmica.

03. (UFPA) Um técnico de manutenção de máquinas pôs para funcionar um motor térmico que executa 20 ciclos por segundo. Considerando-se que, em cada ciclo, o motor retira uma quantidade de calor de 1200J de uma fonte quente e cede 800J a uma fonte fria, é correto afirmar que o rendimento de cada ciclo é

- a) 13,3%
- b) 23,3%
- c) 33,3%
- d) 43,3%
- e) 53,3%

04. O 2º princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: "É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho". Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:

- a) Sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja 100%;
- b) Qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente;
- c) Calor e trabalho não são grandezas homogêneas;
- d) Qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria;
- e) Somente com uma fonte fria, mantida sempre a 0°C, seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

05. (ENEM) A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.



Ilustração dos componentes necessários para o funcionamento da geladeira. Disponível em: <http://home.howstuffworks.com>. Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).

Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- a) A expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- b) O calor flui de forma não espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- c) A quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- d) A eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- e) A energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

06. Uma máquina que opera em ciclo de Carnot tem a temperatura de sua fonte quente igual a 330°C e fonte fria à 10°C . Qual é o rendimento dessa máquina?

07. Uma máquina térmica que trabalha entre as temperaturas 27°C e 327°C possui 80% do rendimento ideal para uma máquina térmica. Se essa máquina recebe 1000 J da fonte quente, qual é o trabalho realizado por ela?

- a) 400J
- b) 500J
- c) 350J
- d) 600J
- e) 250J

Método dos Pares – Atividade Cooperativa

01. (ENEM-MEC-011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar.

Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.



CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a:

- a) Liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) Realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) Conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) Transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) Utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

02. (ENEM) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores à combustão e reduzir suas emissões de poluentes são a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).
No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- O tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- Um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- O funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- As forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
- A temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

03. (FURG-RS) Analise cada uma das seguintes afirmativas relacionadas à Segunda Lei da Termodinâmica e indique se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- Em uma máquina térmica, a transformação de energia térmica em trabalho nunca se dá totalmente.
- Calor flui espontaneamente de sistemas mais frios para sistema mais quentes.
- Carnot idealizou um ciclo totalmente reversível com o qual se obteria o máximo rendimento possível.

Quais são, respectivamente, as indicações corretas?

- F — F — V
- F — V — F
- F — V — V
- V — F — V
- V — V — F

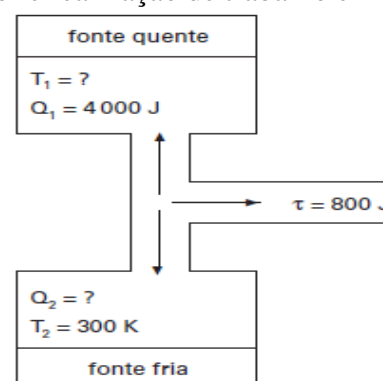
04. (URCA/2017) Assinale a alternativa correta:

- Sistemas sólidos, líquidos e gasosos possuem a mesma equação de estado.
- A primeira lei da termodinâmica vale apenas para sistemas sólidos.
- Um gás isolado não pode sofrer um processo irreversível.
- Um gás não pode se expandir livre e adiabaticamente.
- A passagem espontânea de calor de um corpo quente para um corpo frio, estando este em contato com o primeiro, é um processo irreversível, de acordo com a segunda lei da termodinâmica.

05. (PUCC-SP) O esquema a seguir representa trocas de calor e realização de trabalho em uma máquina térmica. Os valores de T_1 e Q_2 não foram indicados, mas deverão ser calculados durante a solução desta questão.

Considerando os dados indicados no esquema, se essa máquina operasse segundo um ciclo de Carnot, a temperatura T_1 , da fonte quente, seria, em Kelvins, igual

- 375
- 400
- 525



d) 1 200

e) 1 500

06. (PUCC-SP) A turbina de um avião tem rendimento de 80% do rendimento de uma máquina ideal de Carnot operando às mesmas temperaturas. Em voo de cruzeiro, a turbina retira calor da fonte quente a 127°C e ejeta gases para a atmosfera que está a -33°C . O rendimento dessa turbina é de:

a) 80%

b) 64%

c) 50%

d) 40%

e) 32%

07. Uma máquina térmica utiliza o calor fornecido por uma fonte para realizar trabalho. Nos motores de automóvel a mistura gasolina-ar atua como substância de trabalho. A temperatura máxima atingida pela explosão do combustível no interior de um cilindro pode variar em função de diferentes fatores. Podemos considerar que em um determinado motor a mistura gasolina-ar atinja $T_Q = 1200\text{K}$ após a combustão e que a temperatura do meio ao redor dos cilindros desse motor seja $T_F = 400\text{K}$. Qual seria o rendimento máximo para uma máquina que opera entre essas temperaturas?

08. (UFV-MG) As afirmativas abaixo se referem às leis da termodinâmica. Assinale aquela que é falsa.

a) É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, retirar calor de uma fonte quente e convertê-lo totalmente em trabalho.

b) A segunda lei da termodinâmica não se aplica aos refrigeradores, porque estes transferem calor da fonte fria para a fonte quente.

c) O ciclo idealizado por Sadi Carnot proporciona o rendimento máximo de uma máquina térmica que opera entre duas temperaturas.

d) O rendimento das máquinas térmicas é definido como a razão entre o trabalho realizado pela máquina e a energia total fornecida a ela.

e) Nos fenômenos naturais há uma evolução para o estado de maior desordem, pois eles sempre levam a um aumento da entropia do Universo.

09. Uma máquina térmica opera entre dois reservatórios de calor retirando em um ciclo de operação 1000J de calor da fonte quente e transferindo 500J de calor para a fonte fria. Se em 10 segundos a máquina térmica realiza 40 ciclos, marque a alternativa que apresenta o valor da potência dessa máquina:

a) 500W

b) 20000W

c) 5000W

d) 2000W

10. (PUCMG 2004) A respeito do que faz um refrigerador, pode-se dizer que:

a) Produz frio.

b) Anula o calor.

c) Converte calor em frio.

d) Remove calor de uma região e o transfere a outra.

Método Teste Cooperativo – Atividade Individual 1 (utilizada na atividade cooperativa)

01. (PUC-RS) Uma máquina térmica, ao realizar um ciclo, retira 2,0kcal de uma “fonte quente” e libera 1,8 kcal para uma “fonte fria”. O rendimento dessa máquina é:

- a) 0,2%
- b) 1,0%
- c) 2,0%
- d) 10%
- e) 20%

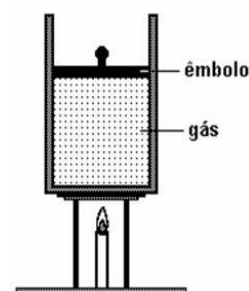
02. Uma determinada máquina térmica deve operar em ciclo entre as temperaturas de 27°C e 227°C. Em cada ciclo, ela recebe 1000cal da fonte quente. O máximo de trabalho que a máquina pode fornecer por ciclo ao exterior, em calorias, vale:

- a) 1.000
- b) 600
- c) 500
- d) 400
- e) 200

03. (URCA-2016.2) - De acordo com a primeira lei da termodinâmica se, durante um processo adiabático sofrido por um sistema termodinâmico de massa fixa, a energia interna do sistema aumenta de 4J então o calor recebido e o trabalho realizado pelo sistema neste processo são, respectivamente:

- a) 0 e 4J
- b) 4J e 0
- c) 0 e 0
- d) 4J e -4J
- e) 0 e -4J

04. (UFMG 2004) Um cilindro é fechado por um êmbolo que pode se mover livremente. Um gás, contido nesse cilindro, está sendo aquecido, como representado nesta figura:



Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que, nesse processo,

- a) A pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido.
- b) A pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido.
- c) A pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido.
- d) A pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido.

05. (UFMS 2005) Sem variar sua massa, um gás ideal sofre uma transformação a volume constante. É correto afirmar que

- a) A transformação é isotérmica.
- b) A transformação é isobárica.
- c) O gás não realiza trabalho.
- d) Sua pressão diminuirá, se a temperatura do gás aumentar.

e) A variação de temperatura do gás será a mesma em qualquer escala termométrica.

06. (UFPI 2001) A eficiência de um motor térmico é definida como a razão entre o trabalho por ele realizado e o calor por ele recebido durante um ciclo completo de seu funcionamento. Considere um motor que recebe 440J de calor por ciclo, que tem uma eficiência de 30% e que completa um ciclo de funcionamento a cada 0,02 segundos. A potência fornecida por esse motor é, em kW,

- a) 1,1
- b) 2,2
- c) 4,4
- d) 6,6
- e) 8,8

07. (PUCPR 2006) Uma máquina térmica, operando em um ciclo de Carnot, trabalha entre as temperaturas de -73°C e 227°C . Em cada ciclo, a máquina recebe 500J de calor da fonte quente. Analise as seguintes afirmativas:

- I. O rendimento dessa máquina é de 40%.
- II. O trabalho realizado pela máquina é de 300J.
- III. O calor rejeitado, por ciclo, para a fonte fria é de 200J.

Está correta ou estão corretas:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I e III.
- d) Somente II.
- e) Somente III.

08 (UFC 2003) A eficiência de uma máquina de Carnot que opera entre a fonte de temperatura alta (T_1) e a fonte de temperatura baixa (T_2) é dada pela expressão $\eta = 1 - (T_2/T_1)$, em que T_1 e T_2 são medidas na escala absoluta ou de Kelvin. Suponha que você dispõe de uma máquina dessas com uma eficiência $\eta = 30\%$. Se você dobrar o valor da temperatura da fonte quente, a eficiência da máquina passará a ser igual a:

- a) 40%
- b) 45%
- c) 50%
- d) 60%
- e) 65%

09. (UFSCAR 2006) Inglaterra, século XVIII. Hargreaves patenteia sua máquina de fiar; Arkwright inventa a fiandeira hidráulica; James Watt introduz a importantíssima máquina a vapor. Tempos modernos!

(C. Alencar, L. C. Ramalho e M. V. T. Ribeiro, "História da Sociedade Brasileira").

As máquinas a vapor, sendo máquinas térmicas reais, operam em ciclos de acordo com a segunda lei da Termodinâmica. Sobre estas máquinas, considere as três afirmações seguintes:

- I. Quando em funcionamento, rejeitam para a fonte fria parte do calor retirado da fonte quente.
- II. No decorrer de um ciclo, a energia interna do vapor de água se mantém constante.
- III. Transformam em trabalho todo calor recebido da fonte quente.

É correto o contido apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

10. (UFSM 2003) Considere as afirmações:

- I. É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, retire energia na forma de calor de uma fonte, transformando-a integralmente em trabalho.
- II. Refrigeradores são dispositivos que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para outro de maior temperatura.
- III. A energia na forma de calor não passa espontaneamente de um corpo de menor temperatura para outro de maior temperatura.

Está (ão) correta (s)

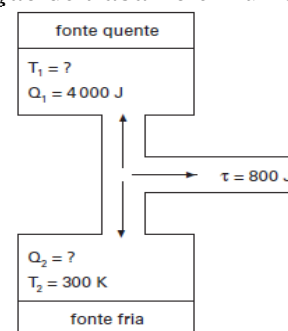
- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

Método Teste Cooperativo – Atividade Individual 2

01. (PUCC-SP) O esquema a seguir representa trocas de calor e realização de trabalho em uma máquina térmica. Os valores de T_1 e Q_2 não foram indicados, mas deverão ser calculados durante a solução desta questão.

Considerando os dados indicados no esquema, se essa máquina operasse segundo um ciclo de Carnot, a temperatura T_1 , da fonte quente, seria, em Kelvins, igual a:

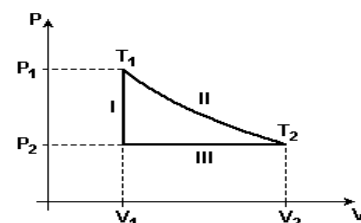
- a) 375
- b) 400
- c) 525
- d) 1 200
- e) 1 500



02. (UERJ 2004) Considere um gás ideal, cujas transformações I, II e III são mostradas no diagrama $P \times V$ a seguir.

Essas transformações, I a III, são denominadas, respectivamente, de:

- a) adiabática, isobárica, isométrica
- b) isométrica, isotérmica, isobárica
- c) isobárica, isométrica, adiabática
- d) isométrica, adiabática, isotérmica



(Adaptado de PAULI, Ronald Ulysses. "Física básica". São Paulo: EPU, 1979.)

03. (UFPR 2004) Um gás ideal está contido no interior de um recipiente cilíndrico provido de um pistão, conforme a figura abaixo. Considere que, inicialmente, o gás esteja a uma pressão p , a uma temperatura T e num volume V . Com base nesses dados e nas leis da termodinâmica, é correto afirmar:

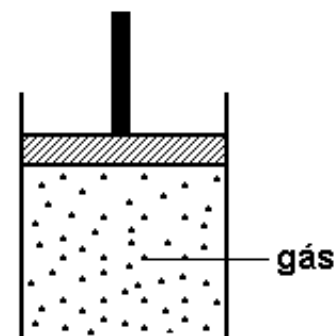
(01) Em uma transformação adiabática, o gás absorve calor do meio externo.

(02) A energia interna do gás permanece constante em uma transformação isotérmica.

(04) Em uma expansão isobárica, a energia interna do gás diminui.

(08) Em uma transformação isovolumétrica, a variação da energia interna do gás é igual à quantidade de calor que o gás troca com o meio externo.

(16) Pode-se diminuir a pressão do gás mediante a realização de uma expansão isotérmica.



Soma ()

04. Uma máquina térmica executa um ciclo entre as temperaturas 500 K (fonte quente) e 400 K (fonte fria). O máximo rendimento que essa máquina poderá ter será:

- a) 10%
- b) 20%
- c) 25%
- d) 30%
- e) 80%

05. (URCA/2017.1) De acordo com a primeira lei da termodinâmica se, durante um processo isotérmico sofrido por um gás ideal de massa fixa, o gás libera uma quantidade de calor cujo módulo é de 50cal então a variação de energia interna e o trabalho realizado pelo gás neste processo são, respectivamente:

- a) 0 e 50cal.
- b) 50cal e 0.
- c) 0 e 0.
- d) 50cal e -50cal.
- e) 0 e -50cal.

06. (URCA/2017.2) Os fenômenos macroscópicos são, a rigor, irreversíveis a menos de situações experimentalmente controladas “quase reversíveis”. A expansão livre de um gás, por exemplo, é um fenômeno irreversível. Um outro exemplo é a passagem espontânea de calor de um corpo para outro de menor temperatura (ou mais frio). A lei física ligada a irreversibilidade dos fenômenos macroscópicos corresponde a:

- a) Lei de conservação de energia;
- b) Segunda lei da termodinâmica;
- c) Primeira lei da termodinâmica;
- d) Lei zero da termodinâmica;
- e) Segunda lei de Newton.

APÊNDICE E – PROCESSAMENTO DE GRUPO



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

Processamento de Grupo

Nome dos componentes da Equipe: 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____			
Este é o momento em que cada componente da equipe avaliará o desempenho do e como se sentiu ao desenvolver o trabalho com a equipe. É importante compartilhar suas considerações sobre o grupo, esclarecendo suas respostas para cada questão, de modo a gerar novas aprendizagens para todos.			
Leia atentamente as afirmativas e avalie o desempenho do grupo. Marque com um X o considerar verdadeiro acerca da afirmativa.	Sim	Parcialmente	Não
1. Todos estavam atentos e interessados em ouvir os meus comentários e permitiram que me expressasse durante a atividade.	()	()	()
2. Houve dispersão da equipe devido ao uso de celulares, saídas ao banheiro e conversas sobre assuntos paralelos.	()	()	()
3. Houve falta de interesse na execução das tarefas.	()	()	()
4. Houve desrespeito ou juízo de valor sobre diferenças de opiniões, credos e/ou escolhas.	()	()	()
5. O objetivo da aula foi alcançado.	()	()	()
6. O professor cumpriu com a proposta da aula da sala de aula cooperativa, motivando e garantindo a participação de todos.	()	()	()
7. O contrato de cooperação foi cumprindo.	()	()	()
8. Após a conclusão da atividade que nota você atribuiria para o desempenho do grupo.	_____		

APÊNDICE F – CONTRATO DE COOPERAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA

CONTRATO DE COOPERAÇÃO

Habilidades Sociais

1. Escutar o colega com atenção.
2. Esperar a sua vez de falar.
3. Criticar as ideias não a pessoa.
4. Não sair do seu grupo durante a tarefa.
5. Oferecer ajuda quando for necessário.
6. Pedir ajuda quando estiver com dificuldades.
7. Fazer a tarefa que foi orientada.
8. Aceitar a tarefa e a função que o grupo lhe deu.
9. Não deixar nenhum colega a margem da atividade ou do grupo.
10. Resolver os conflitos quando surgirem ou chamar o professor para resolvê-los.
11. Empenhar-se na tarefa.
12. Seguir orientações.

DIVISÃO DE FUNÇÕES

- *Coordenador:* Faz o controle do tempo da atividade, pede ao professor o material necessário para o cumprimento da atividade, organiza o consenso de grupo, comanda o processamento de grupo e combina com os outros a interdependência de resultados.
- *Redator:* Escreve as ideias do grupo por meio do consenso.
- *Relator:* Faz o relato das ideias do grupo para os demais alunos da sala e o professor.
- *Gerenciador de conflito:* Se empenha para que todos os colegas realizem a tarefa e dialoga para resolver as situações conflituosas.