

Ensino de Fundamentos da Termodinâmica por meio de Atividades Experimentais e dos Três Momentos Pedagógicos

Davi Aragão da Gama e Antonio José Barros dos Santos

Especialização em Ensino de Ciências com Ênfase em Física, Universidade Federal do Pará, 68746-360, Castanhal-PA, Brasil

Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Júnior (Orientador)

Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, 67130-660, Ananindeua-PA, Brasil

Resumo — Neste artigo é proposto à utilização de experimentos reais e virtuais como estratégia de “aplicação do conhecimento” no emprego da dinâmica pedagógica dos três momentos pedagógicos (3MP) para o ensino dos fundamentos da termodinâmica. Através da construção de barquinhos a vapor e da utilização da plataforma de experimentos virtuais *Phet Simulation*, foi possível obter resultados satisfatórios quanto à melhoria nas notas de uma turma do 1º ano do Ensino Médio, além de uma boa aceitação por parte dos alunos da metodologia empregada nas aulas, o que indica que tal metodologia pode ser utilizada para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave — Três Momentos Pedagógicos, Atividades Experimentais, *Phet Simulation*. Termodinâmica.

I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi implementada a prática pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), atrelada a prática de Atividades Experimentais de Demonstração (real e virtual) em sala de aula referente ao ensino dos fundamentos da Termodinâmica, haja vista que ambas as propostas de abordagem didáticas são alternativas que favorecem e estimulam a integração dos conhecimentos de vida e da escola (conhecimentos científicos), no aluno, além de fomentar a interação professor-aluno e aluno-aluno [1, 2].

Das muitas propostas didáticas já conhecidas, para o ensino de Ciências da Natureza, observa-se que a problematização fundamentada nos 3MP é de significativa incidência, dado que nas atas do Simpósio Nacional em Ensino de Física (SNEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação (ENPEC), entre dos anos de 2010 a 2016, viu-se 36 trabalhos com propostas didáticas fundamentadas nos 3MP [1].

Aqui, neste trabalho o objetivo é usar a demonstração experimental, como o terceiro passo da metodologia baseada nos 3MP, principalmente por seu caráter motivacional e por suas principais características, tais como: ilustrar e ajudar a compreensão dos conteúdos desenvolvidos nos cursos teóricos; tornar esse conteúdo interessante e agradável e desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos [3]. Além disso, as demonstrações experimentais propiciam uma melhor interação entre os estudantes e o fenômeno que ali se visualiza, contribuindo assim para uma melhor compreensão do que o professor pretende ensinar [4].

É sabido que o ensino de Física, ainda é feito de forma tradicional, usando a metodologia de exposição pelo professor; de conceitos, leis e fórmulas matemáticas no quadro. Essa forma de ensino favorece a operacionalização de equações, e não o aprendizado da Ciência Física e sua íntima relação com o mundo no qual vivemos. Assim, o ensino torna-se desarticulado e distancia-se das realidades do aluno e do professor, tornando-se vazio de significado. Com métodos tradicionais e reducionistas, os conteúdos acabam por tornar-se desarticulados da realidade do estudante, com um ensino estanque e direcionado apenas para provas e concursos, contrariando a própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – nº 9394/96 [5, 6].

É esta realidade que nos motiva para o desenvolvimento deste trabalho, no sentido de usar de forma híbrida/combinada abordagens didáticas já amplamente (re)conhecidas pelos profissionais que trabalham e pesquisam na área de ensino-aprendizagem, e principalmente pelo fato de ambas as abordagens favorecerem aulas mais dinâmicas e com maior interação entre os próprios alunos e entre professor-aluno.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: Após a breve introdução, é apresentada uma discussão sobre A Dinâmica dos 3MP proposta por Delizoicov e Angotti (1994), seguida pelo Relato de Experiência, Resultados e Conclusões.

II. A DINÂMICA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS (3MP)

A dinâmica didático-pedagógica conhecida como 3MP, foi proposta pelos professores Delizoicov e Angotti (1994), no livro *Metodologia do Ensino de Ciências*. A dinâmica nasce a partir da transposição da concepção de educação de Paulo Freire para um contexto de educação formal, a qual enfatiza uma educação dialógica, onde o professor deve buscar estabelecer uma relação entre o que o aluno estuda cientificamente em sala de aula com a realidade vivenciada por ele em seu cotidiano [7].

Nessa perspectiva, a abordagem é caracterizada em três etapas, a saber: (a) Problematização Inicial, (b) Organização do Conhecimento e (c) Aplicação do Conhecimento. As características essenciais de cada uma das etapas são explicitadas abaixo:

(a) 1º MP - Problematização Inicial:

Num primeiro momento, apresentam-se questões ou situações reais envolvidas no tema, para discussão com os alunos. A função, que vai além de simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, é fazer a ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, desafiando-os a exposição do que pensam sobre, para que assim o professor tome conhecimento do que pensam. Além disso, objetiva-se nesse momento, desenvolver nos alunos um desejo de aquisição de novos conhecimentos para a interpretação das situações propostas [7, 8].

(b) 2º MP - Organização do Conhecimento:

No segundo momento, os conhecimentos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial será sistematicamente estudado sob orientação do professor, objetivando o desenvolvimento de definições, conceitos, relações e leis [8]. O conteúdo programado é preparado em termos instrucionais para que o aluno aprenda a perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados e a comparar esse conhecimento com o seu, para usá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações [7].

(c) 3º MP – Aplicação do Conhecimento:

No terceiro momento, busca-se, sobretudo, abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno nos momentos anteriores, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento [7, 8]. Dito de outra maneira objetiva-se nesse momento, que o aluno faça uso do conhecimento adquirido para explicar fenômenos relacionados.

Assim, é possível olhar os 3MP, como três momentos que:

“devem se suceder no processo de ensino e aprendizagem: o 1º MP mergulha no real, o 2º MP caracterizado pela tentativa de apreender o conhecimento, já construído e sistematizado, relacionado a este real que se observa e o 3º MP de volta ao real, agora de posse dos novos conhecimentos que permitam um novo patamar de olhar” [9].

Nessa perspectiva entende-se neste trabalho, os 3MP, como uma prática pedagógica teoricamente fundamentada, subdividida em etapas que se sucedem hierarquicamente a fim de favorecer a explanação coesa e relacionada com as vivências dos alunos, dos assuntos a serem ensinados, favorecendo, assim, o processo de ensino-aprendizagem.

Abaixo, são apresentados os relatos de experiências em uma escola da rede particular de ensino na cidade de Capanema-PA.

III. RELATOS DE EXPERIÊNCIA

Os episódios didáticos, aqui relatados, ocorreram em uma turma do 1º ano do Ensino Médio regular de uma escola que compõe a rede particular de ensino na cidade de Capanema, situada no interior do estado do Pará, Brasil. A turma era composta por 28 alunos com média de idade de 15 anos, onde 12 são meninos e 16 são meninas. A escola conta com boa estrutura, tais como salas de aulas climatizadas e equipamentos de áudio e vídeo, laboratórios de ciências e informática, além de amplo espaço para apresentações.

Tais episódios tiveram como objetivo desenvolver o conteúdo de Termodinâmica, que geralmente compõe o calendário de aulas do 2º ano do Ensino Médio. No entanto a escola em questão apresenta uma política de dissolver os conteúdos do Ensino Médio de maneira que os dois últimos bimestres do 3º ano do Ensino Médio sejam de revisão de conteúdos e, desta forma, já no 1º ano do Ensino Médio é ministrado parte dos conteúdos referentes a Termodinâmica, conteúdos estes que são: os gases e suas transformações e a 1ª Lei da Termodinâmica. Desta forma, foi utilizado como recurso pedagógico atividades planejadas e desenvolvidas com base na dinâmica dos 3MP. Sistematizada conforme o Tabela 1 abaixo.

TABELA 1 - SÍNTESE DOS 3MP.

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização Inicial	1	<ul style="list-style-type: none">- Exibição de vídeo: Vapor Benjamim Guimarães-Pirapora [10];- Momento de interação entre os alunos a fim de que os mesmos tentassem explicar como se dava o funcionamento de um barco a vapor.- Momento de lançamento de perguntas, tal como: Quais meios de transportes funcionam a vapor da mesma forma que o vapor Benjamim Guimarães?
Organização do Conhecimento	2	<ul style="list-style-type: none">- Apresentação expositiva de conceitos da Termodinâmica: As grandezas de um gás e sua lei geral, as transformações gasosas.- Exibição do vídeo <i>Veja Como Funciona Uma Locomotiva a Vapor</i> [11]- 1ª e 2ª Lei da Termodinâmica.

		- Resolução de exercícios.
Aplicação do Conhecimento	2	- Montagem do barquinho a vapor e culminância da competição de barquinhos a vapor. - Aula experimental no laboratório virtual.

É importante notar que durante a problematização inicial, procurou-se estabelecer uma relação estreita entre o conteúdo a ser ministrado e situações reais cotidianas, buscando a dialogicidade entre os entes envolvidos a fim de tornar o aluno um agente ativo da construção do saber, sempre compreendendo como indispensável à mediação do professor, uma vez que, segundo Freire [12], “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidade para sua própria produção ou a sua construção”.

Posteriormente buscou-se sistematizar o conhecimento a partir da apresentação de conceitos e leis que possibilitassem aos alunos compreender, explicar o funcionamento e construir o barco a vapor, e por fim a atividade prática buscou aplicar o conhecimento adquirido com o objetivo de resolver uma situação problema, de caráter prático, estabelecida pelo professor.

1º MP: Problematização Inicial

A primeira atividade (Aula 1) iniciou-se com a exibição de um vídeo sobre o Vapor Benjamin Guimarães, o último barco a vapor em funcionamento no Brasil. Em seguida foram feitas as seguintes perguntas sobre o vídeo:

- Qual o combustível utilizado para a locomoção do Benjamin Guimarães?
- Qual outro meio de transporte tem funcionamento parecido ao do Benjamin Guimarães?
- É possível construir um barco em miniatura que possua os mesmos critérios físicos de funcionamento que o Benjamin Guimarães?

Em relação a tais perguntas ficou evidente a disposição dos alunos em dar suas contribuições para aula, uma vez que muitos se posicionaram em responder tais perguntas. Dessa forma foi possível estabelecer a dialogicidade entre os mesmos, uma vez que no dia-dia de uma sala de aula é bem evidente as conversas paralelas, porém neste episódio as conversas consistiram em socialização e discussões entre os alunos que não fugiram ao tema, com evidente apontamento para um interesse em compreender e explicar as situações-problemas. Foi possível ainda estabelecer um caráter investigativo ao ato de ensinar, o que vai de encontro com o ensino tradicionalmente mecânico.

Com base nestas questões, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC [13] aponta:

Neste contexto, a ciência e a tecnologia tendem a ser encarada não somente como ferramentas capazes de solucionar problema, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também

como uma abertura para novas visões de mundo.

Após os questionamentos e posicionamentos dos alunos ficou evidente a dificuldade em compreender e explicar as bases físicas que levavam ao funcionamento do barco Vapor Benjamin Guimarães, o que mostra, com bastante evidência, a necessidade de intervenção do professor, que neste caso atua como um mediador a fim de enriquecer as concepções espontâneas dos alunos, reformulando conceitos equivocados e atuando na zona de desenvolvimento proximal (ZDP) com o intuito de reorganizar o conhecimento.

2º MP: Organização do Conhecimento

Neste segundo momento foram ministrados os conteúdos relativos à Termodinâmica, propostos pelo planejamento da escola. No entanto, tais conteúdos foram sistematizados de maneira que possibilitassem aos alunos analisar e interpretar as situações problemas iniciais, tais como outras situações que necessitem dos mesmos conhecimentos. Assim, temos que, segundo DELIZEICOV *et al.*

(...) a meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos [14].

A primeira proposta (Aula 2) foi indagar os alunos acerca dos conceitos fundamentais para o estudo da Termodinâmica, tais como as grandezas que caracterizam um gás, como: temperatura (T), volume (V) e pressão (p). Foi possível concluir que a turma já possuía conhecimentos prévios palpáveis para dar continuidade ao conteúdo. Assim sendo, foi feito as relações entre tais grandezas para obter a lei geral dos gases ideais (Eq. 1) também conhecida como Equação de Clayperon, bem como a equação das transformações gasosas (Eq. 2).

$$pV = nRT \quad (1)$$

e

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \quad (2)$$

onde, n é o número de mol e R é a constante universal dos gases.

Em seguida, foi abdicado dos massivos problemas que abraçam apenas os cálculos e equações e partir para as particularidades das diferentes transformações específicas que encontramos na natureza, sempre relacionando e

exemplificando com situações-problemas cotidianas, como por exemplo:

- Porque a porta de uma geladeira parece grudar quando fechada logo após ser aberta?

- Porque os desodorantes *sprays* quando usados saem a uma temperatura baixa?

- Porque a ponta metálica de uma bomba de encher pneu de bicicleta aquece enquanto está em utilização?

Dessa forma foi introduzido os conceitos de transformações isotérmicas ($T = \text{constante}$), isocóricas ($p = \text{constante}$), isobáricas ($V = \text{constante}$) e adiabáticas ($Q = \text{constante}$) que adiante serviriam como ferramenta para a compreensão da 1ª e 2ª Lei da Termodinâmica.

Nossa segunda proposta de introdução conceitual foi à exibição do vídeo “VEJA COMO FUNCIONA UMA LOCOMOTIVA A VAPOR”. Com base no vídeo e discussões em sala, foi introduzido conceitualmente a 1ª Lei da Termodinâmica e dessa forma eles puderam compreender como se dava a transformação de calor em trabalho ($T = \text{constante}$). Ao inserir a 2ª Lei da Termodinâmica foi oferecida aos alunos a possibilidade de compreender a utilização das fontes quente e fria de calor e como elas são indispensáveis na construção de uma máquina a vapor.

Finalmente são lançadas as seguintes perguntas:

- Há uma relação entre as leis da Termodinâmica e o funcionamento do vapor Benjamin Guimarães?

- O funcionamento do vapor Benjamin Guimarães é semelhante ao de uma locomotiva?

A partir do diário de campo utilizado durante as aulas foi selecionada a resposta de 3 alunos identificados por A, B e C. Assim, temos:

Resposta do aluno A: Com certeza há relação, pois o fluxo de calor entre as fontes fria e quente geram o deslocamento tanto da locomotiva como do barco a vapor.

Resposta do aluno B: O Vapor Benjamin se move porque o calor da caldeira vira trabalho igual como acontece na locomotiva. Então eles têm sim o mesmo funcionamento.

Resposta do aluno C: os dois se movem por causa da termodinâmica, pois eles precisam do calor para se movimentar.

Assim percebe-se que foi possível relacionar o funcionamento de ambos os meios de transporte, mesmo diferentes, as mesmas leis físicas. As respostas mostram ainda a apropriação dos conceitos e a capacidade de relacioná-las a situação-problema proposta no início das atividades.

3º MP: Aplicação do Conhecimento

O terceiro momento tem início a partir de uma atividade prática realizada no laboratório de ciências (Aula 4) e consiste em montar um barquinho a vapor para participar de uma competição de barquinhos que levaria em conta dois quesitos; velocidade e sustentabilidade. A turma foi dividida em quatro grupos e cada grupo recebeu um manual de instrução de montagem e os moldes para a confecção do motor do barquinho.

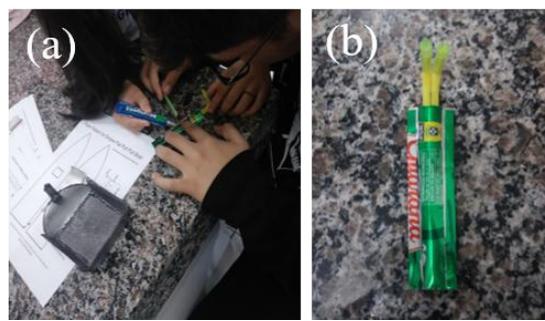
Os grupos montaram os barquinhos utilizando materiais reutilizados retirados das ruas da cidade no dia anterior, e

ferramentas pertencentes ao laboratório. Durante o processo de montagem a mediação do professor foi de palpável importância, principalmente na interpretação do manual e em alguns cortes de materiais em que se fez necessário à utilização de material cortante. A montagem do material implica em tornar significativo o conhecimento adquirido durante os dois primeiros momentos pedagógicos e está de acordo com a BNCC [13]:

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir das quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido.

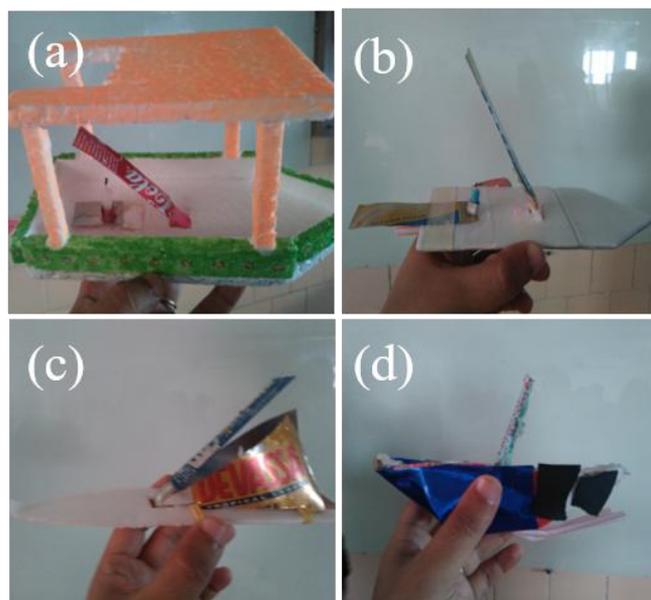
A Fig. 1a e 1b mostra a montagem do motor que seguiu o manual de instrução elaborado pelo professor e o molde já destacado neste trabalho.

Fig. 1- (a) Montagem do motor; (b) motor.



A Fig. 2(a-d) exhibe o corpo do barquinho que ficou a critério da criatividade de cada grupo.

Fig. 2- Os barquinhos construídos pelas 4 equipes.



A **Fig. 3 a e b** exibe a competição dos barquinhos que ocorreu na piscina infantil da escola e contou com a participação do professor de Geografia que atuou como jurado no quesito sustentabilidade.

Fig. 3- (a) Competição de barquinhos; (b) alunos participando da competição dos barquinhos na piscina.



O último episódio didático (Aula 5), consistiu na apresentação de um experimento virtual, onde foi utilizada a plataforma de experimentos virtuais *Phet Simulation* [15], ver Fig. 4a e b abaixo.

Fig. 4- (a) Exposição inicial, pelo professor, do experimento virtual a ser realizado; (b) alunos no laboratório de informática na aula com o phet.



O experimento intitulado “Gases: Introdução” foi escolhido por mostrar de forma bem clara as relações entre as diferentes grandezas de um gás, uma vez que é abstrato falar em variações de V , p e T sem verificar visualmente. Desta forma, tal experimento virtual vem ajudar na significação e compreensão dos alunos acerca das diferentes relações entre as grandezas termodinâmicas. Devemos, ainda, levar em

conta que o experimento virtual possibilita alterar as condições de contorno com facilidade e assim leva o aluno a explorar diversas situações.

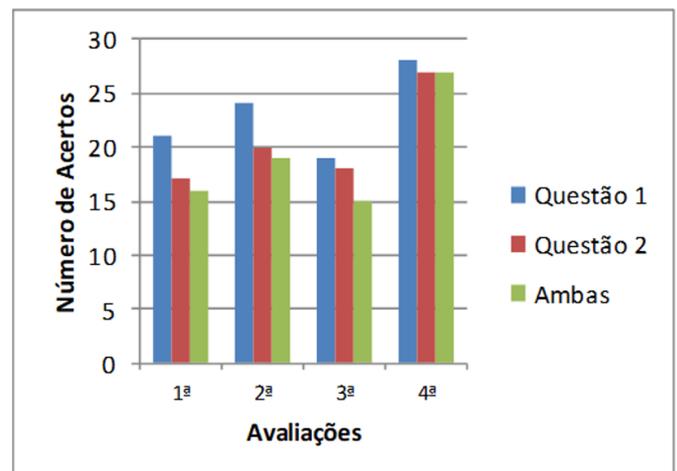
Além de que a utilização de experimentos virtuais busca situações complementares aos experimentos reais, e dessa forma proporcionam aos alunos a oportunidade de interagir de forma que favoreça a exploração dos fenômenos da natureza, como prevê pesquisas proposta por Dorneles *et al* [16].

Ao final da atividade, foi aplicado um questionário, com um total de 10 perguntas, sendo 5 perguntas fechadas e 5 abertas. As perguntas se dividiram em perguntas relativas à avaliação da interação professor-aluno, aluno-aluno, da proposta de aula e metodologia, e ao final, a décima pergunta foi sobre relacionar o conteúdo com algum outro fato de seu cotidiano. O questionário foi aplicado buscando uma avaliação, por parte dos alunos, das aulas 4 e 5, ou seja, do 3º MP.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A escola na qual os episódios didáticos foram implementados possui um método avaliativo que consiste em prova com 10 (dez) questões, das quais 2 (duas) são de caráter discursivas e constituem 30% da nota final. O Gráfico 1 abaixo, representa os acertos dessas duas questões ao longo do ano letivo, considerando as quatro avaliações, e tendo em vista que a metodologia descrita neste trabalho apenas foi aplicada na quarta avaliação, tendo como método didático nas três primeiras avaliações apenas aulas expositivas tradicionais.

Gráfico 1- Número de acertos da turma, nas duas questões discursivas, por avaliação.



Pela análise do Gráfico 1 é possível perceber um aumento significativo nos acertos das questões discursivas na 4ª avaliação, quando comparado as três primeiras avaliações. Considerando os alunos que acertaram ambas as questões, a média de acertos nas três primeiras avaliações foi de 16,6 acertos, enquanto que na 4ª avaliação, onde foi utilizada a metodologia 3MP e experimentações, a quantidade de acertos foi de 27, o que representa um aumento de 62,65% na

quantidade de acertos. É importante salientar que antes da aplicação da metodologia descrita neste trabalho os alunos que constituem a referida turma vinham apresentando notas baixas, principalmente com erros nessas duas questões discursivas, tendo inclusive alguns alunos vindos a deixar essas questões em branco.

Outro resultado bem evidente foi a receptividade dos alunos as aulas práticas, que encabeçadas pela problematização inicial despertou nos mesmos a necessidade de explicar as situações-problemas. É válido ressaltar também, que muitos alunos, procuraram o professor nos corredores da escola, nos horários de intervalo, objetivando tirar dúvidas. A dialogicidade entre os alunos e a interação aluno-professor se deu de maneira mais efetiva na medida em que o aluno também atua como agente ativo durante as aulas gerando automotivação e autoconfiança, o que é fator preponderante no saber aprender.

Considerando ainda as especificidades, pode-se citar que o aluno identificado por X, que sempre apresentou baixo desempenho e pouco interesse durante o ano letivo, além de notas baixas, porém durante a aplicação da metodologia 3MP, juntamente com os experimentos, real e virtual, apresentou grande capacidade investigativa e facilidade em manusear equipamentos no laboratório, inclusive construindo um segundo barquinho a vapor, para si próprio, após realização da construção do barquinho em grupo. Tal desempenho e capacidade o levou a tirar nota máxima na 4ª avaliação, inclusive tendo este relatado, seguindo o manual de campo utilizado durante as aulas, que *“a aula parece passar mais rápida, se todas as aula fossem assim eu passaria a gostar de física”*, evidenciando uma nova forma de ver e tratar com a física e o ato de aprender.

A partir deste ponto, é possível relatar a análise da 2ª aula investida no 3º MP, o experimento virtual. O experimento foi realizado pelos alunos, em 4 passos especificados pelo professor, dado que antes de cada passo, uma pergunta relativa ao resultado daquele passo era direcionada a turma, a fim de ver se a turma conseguia prever corretamente, com base em seus conhecimentos, o que iria acontecer, isto é, tínhamos como objetivo a aplicação do conhecimento por parte dos alunos.

De imediato, foi apresentado o experimento e explicado como os parâmetros poderiam ser variados, desde o (n) número de partículas, até (p) pressão, (V) volume e (T) temperatura.

1º Passo

Com V e T fixados e T ambiente, perguntamos a turma o que aconteceria com a pressão no interior do recipiente quando colocado uma certa quantidade de partículas (n), e toda a turma respondeu, de imediato, que a pressão iria aumentar. Além de responder corretamente, a turma ainda foi capaz de inferir que, neste caso, a pressão aumenta conforme se coloca mais partículas na caixa.

2º Passo

Em seguida, a turma foi questionada sobre o que aconteceria com a pressão (mantendo fixo o volume), caso a temperatura fosse aumentada ou diminuída. Após alguns minutos, veio a resposta correta, da maioria da turma, de que a pressão iria aumentar ou diminuir, de acordo com aumento ou diminuição da temperatura.

3º Passo

Em seguida, mantendo fixa a temperatura do sistema, questionamos a turma sobre o que aconteceria com a pressão do sistema caso o volume fosse aumentado ou diminuído. Novamente, a maioria da turma respondeu corretamente, que a pressão iria aumentar com a respectiva diminuição do volume e diminuir com o respectivo aumento do volume.

4º Passo

No último passo, a turma foi questionada sobre o que aconteceria com os valores de pressão e temperatura, caso o volume fosse mantido constante e o recipiente fosse aberto e partículas comesçassem a escapar para a atmosfera. Para esta pergunta, após alguns minutos para reflexão, apenas metade da turma foi capaz de responder corretamente, respondendo que ambos os valores iriam diminuir.

Todos esses passos experimentais foram realizados pelos alunos, cada um em um computador, os quais puderam confirmar ou não, visualmente suas respostas as perguntas do professor.

Vê-se das respostas dadas pelos alunos, aos questionamentos feitos pelo professor, durante os 4 passos da aula explicados acima, que de forma geral, a turma conseguiu prever o que iria acontecer, de forma correta. Indicando assim, uma notável apropriação e aplicação dos conceitos, por parte dos alunos.

Dados os resultados dos formulários, constata-se que a totalidade da turma avalia que a postura do professor em sala de aula foi diferente do habitual, possibilitando uma maior participação dos alunos através de perguntas e comentários, e que algum (a) comentário/resposta do professor ajudou-os a compreender melhor a demonstração. Além disso, a mesma totalidade avaliou como ótimo ou bom a interação professor-aluno.

A mesma totalidade, avalia que a postura da sala de aula foi diferente da habitual, com mais perguntas e comentários. Ainda temos que, apenas um aluno avaliou como regular o interesse da turma pelas aulas experimentais, enquanto todos os demais avaliaram como ótimo ou bom. No mesmo quesito, dois alunos avaliaram que algum (a) comentário/resposta de algum outro colega não ajudou-o a compreender melhor a demonstração, ao passo que todos os demais alunos responderam que sim.

Ainda questionamos os alunos, via formulário, se o experimento proporcionado pelo *Phet Simulation*, havia confirmado/validado a Lei Geral do Gases, e toda a turma

confirmou, dando respostas do tipo: sim; sim, confirmou; de acordo como havia visto em sala de aula.

Quando questionados sobre quais sugestões gostariam de dar para aulas com experimentação em geral, as respostas obtidas foram: dois alunos sugeriram o estudo de velocidade com experiências e todos os demais sugeriram que o uso de experimentos deveria ser adotado nas próximas aulas de física, tanto experimentos reais quanto virtuais, e esse anseio por aulas futuras, com caráter experimental, ficou evidente em ambas as aulas dedicadas ao 3º MP, através de comentários tecidos pelos próprios alunos.

Nas duas últimas perguntas via questionário, perguntamos, primeiro - na sua perspectiva, qual o objetivo da atividade de demonstração? - e, segundo, se o aluno era capaz de relacionar os conteúdos de termodinâmica estudados com acontecimentos do seu cotidiano. As respostas à primeira pergunta foram de que o objetivo era mostrar que a teoria funciona e, um aluno em especial, respondeu que – *mostrou que física pode ser aprendida de maneira divertida*. Para a segunda pergunta, todos os alunos conseguiram fazer algum tipo de relação, na sua maioria a partir de algum exemplo dado em sala de aula. No entanto, dois alunos conseguiram formular respostas que iam além dos exemplos de sala de aula, como: *o balão de ar quente, onde ocorre a relação do volume e temperatura* (resposta na íntegra).

Com as respostas obtidas da aplicação do questionário, vê-se, uma avaliação positiva por parte dos alunos, das aulas ministradas com a proposta de usar a experimentação como terceiro momento pedagógico, dado que os próprios alunos avaliam que a dinâmica de interação entre eles próprios e entre eles e o professor é melhor que nas aulas tradicionais. Além disso, todos os alunos conseguiram fazer algum tipo de relação entre os conteúdos e fatos do seu cotidiano, mostrando a apropriação do conhecimento que se propoz ensinar aos mesmos.

V. CONCLUSÕES

Como reflexões, conclui-se que foi possível alcançar o objetivo proposto neste trabalho, que era o desenvolvimento do aprendizado por parte dos alunos, o de vê-los apropriar-se do conhecimento e conseguir aplicá-lo na realização e interpretação correta das atividades propostas relacionada ao ensino dos fundamentos da Termodinâmica.

Tal apropriação vê-se quando é feita a análise do Gráfico 1, onde fica evidente uma significativa melhora do número de acertos dos alunos, nas questões discussivas presentes nas avaliações bimestrais, e por consequência, das notas.

Tem-se ainda o bom desempenho nas respostas da turma, na 2ª aula dedicada ao 3º MP, onde toda a turma interagiu e em sua maioria conseguiu aplicar corretamente seus conhecimentos, e por consequência responder corretamente os questionamentos do professor.

Isso possibilita concluir que o uso inovador de um experimento, seja ele virtual ou real, como o 3º MP, na metodologia 3MP, onde é feita a aplicação do conhecimento, acaba por trazer bons resultados para o processo de ensino-aprendizagem. Resultados estes que sugerem/mostram uma satisfatória apropriação do conhecimento pelos alunos, dado

que conseguiram melhorar as notas nos exames e participar ativamente das aulas, como sujeitos ativos do processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, consideramos que este trabalho oferece contribuições para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de tópicos relacionados ao estudo da Termodinâmica, uma vez que concordam com bons resultados encontrados na literatura que dizem respeito à dinâmica pedagógica dos 3MP com o uso de experimentos. Atividades essas que foram bem avaliadas, pelos próprios protagonistas, os alunos.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, M. A. e LEITE, C., “A Prática dos Três Momentos Pedagógicos: Buscando Nuances Entre a Problematização e a Pergunta”, *XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, 2019.
- [2] GASPARI, A. e MONTEIRO, I. C. C., “Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: Uma Análise Segundo o Referencial da Teoria de Vygotsky”, *Investigação em Ensino de Ciências*, vol. 10, n. 2, pp. 227-254, 2005.
- [3] FERREIRA, N. C., “Proposta de laboratório para a escola brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de física”, Dissertação de Mestrado, IF- FE- USP, 128p., 1978
- [4] HOHENFELD, D. P. e PENIDO, M. C., “Laboratórios Convencionais e Virtuais no Ensino de Física”, *VII Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências – ENPEC*, 2009.
- [5] BRASIL, Ministério da Educação, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Brasília, DF, 2000.
- [6] SENA, M. J. C., SILAS, A. e SILVA, R., “Um Laboratório Didático Virtual de Física Pela Amazônia”, *Revista do Professor de Física, Brasília*, vol. 2, n. 1, 2018.
- [7] DELIZOICOV, D. e MUENCHEN, C., “Os Três Momentos Pedagógicos na Edição de Livros Para Professores”, *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, vol. 1, n. 1, 2011.
- [8] DELIZOICOV, D. e MUENCHEN, C., “A Construção de Um Processo Didático-Pedagógico Dialógico: Aspectos Epistemológicos”, *Revista Ensaio, Belo Horizonte*, vol. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.
- [9] PIERSON, A. H. C. “O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física”, Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 156, 1997.
- [10] <https://youtu.be/OKsSpsWvYgG>, acessado em 5 de Novembro, 2019.
- [11] <https://youtu.be/GvGLXVMiIbO>, acessado em 12 de Novembro, 2019
- [12] FREIRE, P., “Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa”, Ed. Paz e Terra, Coleção Leitura, e. 25ª, p. 76, 2005.
- [13] BRASIL, Base Nacional Comum Curricular, p. 581, 2019
- [14] DELIZOICOV, D., ANGOTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. C. A., “Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos”, e. 3ª, São Paulo – SP, Cortez, p. 364, 2002
- [15] https://phet.colorado.edu/pt_BR/, acessado em 22 de Novembro, 2019
- [16] DORNELES, P. F. T., ARAÚJO, I. S. E VEIT, E. A., “Simulação e Modelagem Computacionais no Auxílio à Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade”, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 30, n. 3, São Paulo – SP, 2008.