



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ

INSTITUTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL (PROFQUI)**

DISSERTAÇÃO

**USO DA METODOLOGIA ATIVA DE APRENDIZAGEM PEER
INSTRUCTION NO AUXÍLIO AO ENSINO E RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRIA**

Felipe da Costa Sepulveda

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA

EM REDE NACIONAL (PROFQUI)

**USO DA METODOLOGIA ATIVA DE APRENDIZAGEM PEER
INSTRUCTION NO AUXÍLIO AO ENSINO E RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRIA**

FELIPE DA COSTA SEPULVIDA

Sob orientação do professor

Dr. Roberto Barbosa de Castilho

e Coorientação do Professor

Dr. André Marques dos Santos

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Química**, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Área de concentração em Química.

Seropédica, RJ
Dezembro de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S479u Sepulvida, Felipe da Costa , 1981-
USO DA METODOLOGIA ATIVA DE APRENDIZAGEM PEER
INSTRUCTION NO AUXÍLIO AO ENSINO E RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRIA / Felipe da Costa
Sepulvida. - Rio de Janeiro, 2022.
96 f.: il.

Orientador: Roberto Barbosa de Castilho.
Coorientador: André Marques dos Santos.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL (PROFQUI),
2022.

1. Peer Instruction. 2. Sala de aula invertida. 3.
Metodologias ativas. 4. Estequiometria. I. Barbosa de
Castilho, Roberto, 1976-, orient. II. Marques dos
Santos, André, 1977-, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL (PROFQUI).
IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

FELIPE DA COSTA SEPULVIDA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Química, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração em Química

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/12/2022

Membros da banca

Roberto Barbosa de Castilho Dr. UFRRJ
(Orientador)

Roberto de Souza Martins Dr. IFRJ

Claudio Eduardo Rodrigues dos Santos. Dr. UFRRJ



Emitido em 2022

TERMO Nº 1318/2022 - PPGQ (12.28.01.00.00.60)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 22/12/2022 07:25)
CLAUDIO EDUARDO RODRIGUES DOS SANTOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DQO (11.39.00.23)
Matrícula: ###244#8

(Assinado digitalmente em 21/12/2022 10:17)
ROBERTO BARBOSA DE CASTILHO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DQF (11.39.00.25)
Matrícula: ###141#1

(Assinado digitalmente em 10/02/2023 10:08)
ROBERTO DE SOUZA MARTINS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.507-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: **1318**, ano: **2022**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **21/12/2022** e o código de verificação: **43c86167f1**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me sustentar e permitir a realização desta conquista profissional tão almejada.

Aos meus pais Francisco e Mariângela pelo amor e incentivo incondicional e a minha esposa Patrícia pelo amor, paciência e compreensão em todas as etapas.

Em especial ao meu eterno pai de coração e amigo Agnaldo que sempre se esforçou para proporcionar o melhor na minha formação pessoal e acadêmica.

Ao meu amigo e colega de profissão Emanuel Lessa pelo apoio, sempre solícito e por contribuir na realização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, ao programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional – PROFQUI.

Em especial aos docentes do programa PROFQUI, André Marques dos Santos, Andressa Esteves de Souza dos Santos, Carlos Maurício Rabello Sant'Anna, Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos, Emerson Guedes Pontes, Marcelo Hawrylak Herbst, Marisa Fernandes Mendes e Roberto Barbosa Castilho, por todos os ensinamentos e dedicação.

Especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Barbosa Castilho e coorientador Prof. Dr. André Marques dos Santos, profissionais e pessoas incríveis, verdadeiros educadores, sempre solícitos, incentivando em todos os momentos.

Ao Colégio e Curso Interactivo, em especial à diretora Rosângela e a coordenadora Talita, pelo incentivo e suporte necessário à realização deste trabalho.

Aos meus colegas do PROFQUI por compartilharem seus saberes e experiências ao longo do curso.

Em especial ao meu amigo e colega do programa PROFQUI Diógenes Chaves Lopes por compartilhar horas de estudo, por todo apoio e força.

Aos membros da Banca Examinadora pela disponibilidade e contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

SEPULVIDA, Felipe da Costa. **Uso da metodologia ativa de aprendizagem Peer Instruction no auxílio ao ensino e resolução de problemas de estequiometria**, 96 p. Dissertação (Programa e Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

A sociedade contemporânea demanda cada vez mais por uma educação onde o aluno necessita assumir um papel mais ativo. A escolha por modelos tradicionais de ensino que são baseados exclusivamente na transmissão dos conteúdos presentes nos livros didáticos, perpetuam o monólogo diante da plateia passiva, gerando continuamente discentes e docentes desmotivados no processo de aprendizagem. Diante desse contexto, este trabalho de pesquisa foi aplicado no primeiro semestre de 2022, em uma escola localizada no município de Seropédica – RJ, contando com a participação de dezoito alunos de uma turma da segunda série do Ensino Médio. O objetivo geral é investigar os benefícios gerados na utilização da metodologia ativa de aprendizagem *Peer Instruction* (PI) no ensino e resolução de problemas relacionados ao cálculo estequiométrico. A primeira fase da pesquisa foi destinada ao levantamento bibliográfico, estudo dos métodos, estratégias e conceitos prévios relacionados ao ensino de estequiometria. A partir de um planejamento foram adotadas estratégias para a utilização da aprendizagem híbrida conhecida como sala de aula invertida (*flipped classroom*). Ferramentas tecnológicas e as mídias digitais como YouTube, WhatsApp e o aplicativo Plickers foram fundamentais para o desenvolvimento das atividades, colaborando para o maior engajamento e motivação dos estudantes. A segunda fase da pesquisa foi marcada pelos encontros presenciais, ao todo foram realizadas três aulas cujo foco principal foi a aplicação dos Testes Conceituais (TC) relacionados à metodologia ativa. A partir dos resultados obtidos e observações feitas durante as atividades, foi possível verificar um maior comprometimento e dedicação dos estudantes. Nos TC em que os alunos foram encaminhados para as discussões entre os pares, foi observado um aumento no percentual de acertos das questões, demonstrando um dos benefícios gerados no processo de aprendizagem com a implementação do método PI. Destaca-se também, o grande potencial da metodologia e a capacidade que a mesma apresenta de ser utilizada em vários segmentos na educação.

Palavras-chaves: Peer Instruction; Instrução por pares; Sala de aula invertida; Metodologias ativas.

ABSTRACT

SEPULVIDA, Felipe da Costa. **Use of the active learning methodology Peer Instruction in aiding the teaching and solving of stoichiometry problems**, 96 p. Dissertation (Professional Master's and Program in Chemistry in National Network - PROFQUI). Institute of Chemistry. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Contemporary society increasingly demands an education where the student needs to take on a more active role. The choice for traditional teaching models that are based exclusively on the transmission of content present in textbooks will perpetuate the monologue in front of a passive audience, continually generating unmotivated students and teachers in the learning process. Given this context, this research work was applied in the first half of 2022, in a school located in the municipality of Seropédica - RJ, with the participation of eighteen students from a class of the second year of high school. The general objective is to investigate the benefits generated in the use of the *Peer* active learning methodology *Instruction* (PI) in teaching and solving problems related to stoichiometric calculation. The first phase of the research was destined to the bibliographic survey, study of methods, strategies and previous concepts related to the teaching of stoichiometry. Based on planning, strategies were adopted for the use of hybrid learning known as flipped classroom (*flipped classroom*). Technological tools and digital media such as YouTube, WhatsApp and the Plickers application were fundamental for the development of activities, contributing to greater engagement and motivation of students. The second phase of the research was marked by face-to-face meetings, in all three classes were held whose main focus was the application of Conceptual Tests (TC) related to the active methodology. From the results obtained and observations made during the activities, it was possible to verify a greater commitment and dedication of the students. In the TCs in which the students were referred to discussions among their peers, an increase in the percentage of correct answers to the questions was observed, demonstrating one of the benefits generated in the learning process with the implementation of the PI method. Also noteworthy is the great potential of the methodology and its ability to be used in various segments of education.

Keywords: Peer Instruction; Flipped classroom; Active methodologies.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AVE	Avaliação Extra
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
COVID-19	Doença Do Coronavírus
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MM	Massa Molar
PI	Peer Instruction
PROFQUI	Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TC	Testes Conceituais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa conceitual sobre a aplicação do Cálculo Estequiométrico	20
Figura 2 – ENEM PPL 2019 – Prova Azul – Questão 128	23
Figura 3 – ENEM PPL 2015 – Caderno Branco – Questão 86	25
Figura 4 – Princípios das metodologias ativas	30
Figura 5 – Categorização do Ensino Híbrido	32
Figura 6 – Estratégia metodológica <i>Peer Instruction</i>	39
Figura 7 – Cadastro de alunos no Plickers	42
Figura 8 – Cartão resposta número 1	43
Figura 9 – Letra C como resposta no cartão número 1	44
Figura 10 – Exemplo de questão exibida pelo Plickers	45
Figura 11 – Desempenho dos alunos (60% de acertos)	45
Figura 12 – Layout da Videoaula (YouTube)	49
Figura 13 – Alunos cadastrados na Aula 2	52
Figura 14 – Questões “teste” (Plickers)	53
Figura 15 – Quizz – Aula 2 (Plickers)	53
Figura 16 – Quizz - Continuação – Aula 2 (Plickers)	54
Figura 17 – 1º e 2º TC – Aula 2 (Plickers)	54
Figura 18 – 3º e 4º TC – Aula 2 (Plickers)	55
Figura 19 – 1º, 2º e 3º TC – Aula 3 (Plickers)	56
Figura 20 – 4º e 5º TC – Aula 3 (Plickers)	56
Figura 21 – Acesso à internet	58
Figura 22 – Meios de acesso à internet	58
Figura 23 – Frequência de utilização da internet	59
Figura 24 – Alunos que já ouviram falar sobre aprendizagem híbrida	59
Figura 25 – Nível de conhecimento sobre aula invertida	60
Figura 26 – Concepção sobre sala de aula invertida	60
Figura 27 – Participação em atividades com aula invertida (trajetória acadêmica)	61
Figura 28 – Professores utilizam a aula invertida	61
Figura 29 – Questões “teste”	64
Figura 30 – Quizz - Comprometimento dos alunos	64
Figura 31 – Quizz - Questões propostas nas videoaulas	65
Figura 32 – Quizz - Conceitos prévios	65

Figura 33 – 1° TC – Aula 2	66
Figura 34 – 2° TC – Aula 2	67
Figura 35 – 2ª votação - 2° TC – Aula 2	68
Figura 36 – Alternativa “C” - Concepção equivocada - 2° TC – Aula 2	68
Figura 37 – 1ª e 2ª votação - 3° TC – Aula 2	69
Figura 38 – 4° TC – Aula 2	70
Figura 39 – Quizz - Comprometimento dos alunos - Aula 3	71
Figura 40 – Quizz – Questões propostas nas videoaulas – Aula 3	72
Figura 41 – 1° TC – Aula 3	72
Figura 42 – 2° TC – Aula 3	73
Figura 43 – 3° TC – Aula 3	74
Figura 44 – 4° TC – Aula 3	75
Figura 45 – Concepção errada do 4° TC – Aula 3	75
Figura 46 – 5° TC – Aula 3	76
Figura 47 – Concepção errada do 5° TC – Aula 3	77
Figura 48 – Resposta da assertiva D1	81
Figura 49 – Resposta da assertiva D1	82
Figura 50 – Respostas da assertiva D2	82
Figura 51 – Respostas da assertiva D2	83
Figura 52 – Respostas da assertiva D2	84
Figura 53 – Alunos participantes da metodologia	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre Lavoisier (Conservação das Massas) e Proust (Proporções Constantes)	17
Tabela 2 – Definição mais ampla de Sala de Aula Invertida	34
Tabela 3 – Videoaulas	47
Tabela 4 – Links de acesso às Videoaulas	51
Tabela 5 – Roteiro das aulas presenciais	51
Tabela 6 – Questionário de opinião	78
Tabela 7 – Respostas dos alunos e média das assertivas	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Cálculo estequiométrico no Ensino Médio	16
2.1.1 Abordagem histórica e conceitual	16
2.1.2 Aplicação e obstáculos na aprendizagem	19
2.1.3 Abordagem no Exame Nacional do Ensino Médio	22
2.2 A importância da autonomia do aluno	26
2.3 Metodologias Ativas e Modelos híbridos	28
2.3.1 Sala de Aula Invertida.....	33
2.3.2 Peer Instruction	35
3 OBJETIVOS	40
3.1 Objetivos específicos	40
4 METODOLOGIA	41
4.1 Contexto da pesquisa e participantes	46
4.2 Primeira fase da pesquisa	47
4.3 Segunda fase da pesquisa	49
4.3.1 Aula 1: Implementando o Peer Instruction	50
4.3.2 Aula 2: Estequiometria – Casos Gerais.....	52
4.3.3 Aula 3: Estequiometria – Casos Especiais envolvendo pureza, rendimento, reagente em excesso e limitante	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 Primeira e segunda fase da pesquisa	57
5.2 Aula 1: Implementando o Peer Instruction	57
5.3 Aula 2: Estequiometria – Casos Gerais	62
5.4 Aula 3: Estequiometria – Casos Especiais envolvendo pureza, rendimento, reagente em excesso e limitante	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
7 REFERÊNCIAS	87
ANEXOS	92
Anexo 1- Questionário Diagnóstico	92
Anexo 2- QR Code – Videoaulas	93
Anexo 3– Questionário de opinião	95

1 INTRODUÇÃO

Podemos descrever o início do século XXI como um período marcado por grandes transformações. Os avanços tecnológicos, assim como o fluxo de informações e de comunicações, atingiram um nível de integração que provavelmente seria algo inimaginável em outros tempos. Baseando-se na terminologia Era Digital ou Era da Informação, é possível observarmos a evolução das técnicas de transformação da sociedade, onde a velocidade dos fluxos sociais, econômicos, culturais, dentre outros, amplia-se exponencialmente.

Diante desse contexto, as mudanças nas práticas pedagógicas tornam-se cada vez mais necessárias, pois essas práticas precisam convergir, se reforçar e caminhar mutuamente com as novas tendências do século atual. Ao ignorarmos essas mudanças, estamos correndo um grande risco de que os métodos de ensino, assim como os conteúdos educacionais deixem de atender em algum momento à demanda do contexto atual, perdendo praticamente a sua relevância.

Atuando como professor de Química, nos últimos dezoito anos, tanto em escolas da rede pública como da rede privada do estado do Rio de Janeiro, nos segmentos do Ensino Fundamental, Médio e Pré-vestibular, pude vivenciar e observar o contraste das diversas realidades em sala de aula, trabalhando com várias propostas e métodos de ensino diferentes. Diversos estudos apontam que na maior parte das instituições de ensino brasileiras, destaco principalmente algumas escolas particulares onde atuei e atuo, que utilizam materiais próprios e onde o foco é voltado para a aprovação dos estudantes nos exames de vestibular, ainda é possível verificar um ensino de química voltado para a memorização de conceitos e de fórmulas, priorizando aulas excessivamente expositivas e teóricas que pouco estimulam o desenvolvimento dos alunos.

O método tradicional, método mais adotado nos diversos setores educacionais, é baseado nas exposições de um professor para uma audiência passiva, no qual o professor está no foco do processo de ensino-aprendizagem e os alunos são ouvintes e anotadores passivos (CAMPAGNOLO et al., 2014).

Villa (2003, p. 407) destaca que as práticas educativas, em especial no âmbito do ensino de ciências, ainda se orientam pela crença na transmissão, pela palavra, de um saber pronto e acabado. Dessa forma, tratamos a ciência como uma verdade absoluta, fazemos do conhecimento uma cópia do mundo real, inibimos o questionamento e o pensamento crítico.

Araújo (2011, p.39) resume a situação atual na necessidade de reinventar a educação, tendo em vista que o modelo tradicional de escola, consolidado no século XIX, “tem agora, também, de dar conta das demandas e necessidades de uma sociedade democrática, inclusiva,

permeada pelas diferenças e pautada no conhecimento inter, multi e transdisciplinar, com a que vivemos neste início de século 21”.

O estudante necessita assumir cada vez mais um papel ativo no processo de aprendizagem, onde a curiosidade, a postura crítica reflexiva, a cooperação em equipe e a autonomia são fundamentais, desligando-se da passividade de mero receptor de informações.

Diante desse contexto, o presente trabalho busca verificar os benefícios gerados na aplicação da metodologia ativa de aprendizagem conhecida como *Peer Instruction* no auxílio ao ensino e resolução de problemas de estequiometria.

O planejamento inicial contou com uma revisão bibliográfica sobre o ensino de cálculo estequiométrico no Ensino Médio, seguido de um estudo sobre aprendizagens híbridas e metodologias ativas, buscando-se também um entendimento sobre a importância da autonomia do aluno.

Posteriormente é apresentada a metodologia empregada neste trabalho de pesquisa e em seguida, na parte de resultados e discussões são apontados os pontos relevantes sobre todo o processo, destacando-se as vantagens e desvantagens. Ao final são descritas as considerações finais e as perspectivas para o futuro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cálculo Estequiométrico no Ensino Básico

2.1.1 Abordagem histórica e conceitual

O século XVIII pode ser destacado como um período de transição e de ascensão dos aspectos quantitativos relacionados à Química. Até então, esta ciência era abordada de forma predominantemente qualitativa e com muitos traços ainda vinculados à alquimia. Nesse período, A Teoria do Flogisto, desenvolvida pelo médico alemão Georg Ernst Stahl (1660 – 1734), começava a perder força. Esta teoria procurava explicar as reações de combustão a partir de corpos combustíveis, que segundo Stahl, eram detentores de uma matéria denominada flogisto que seria liberada no ar durante os processos de queima e de calcinação.

A transição fica evidente quando, o francês, Antonie Laurent Lavoisier (1743 – 1794) começa a firmar os alicerces da Teoria da Combustão ao divulgar os resultados sobre os estudos realizados com as reações de combustão dos metais em sistemas fechados, propondo a existência do oxigênio, onde havia uma grande preocupação em determinar de forma quantitativa as massas de todos os participantes da reação (reagentes e produtos).

Em 1774, Lavoisier propõe a Lei da Conservação das Massas.

“Lavoisier não foi o descobridor do famoso princípio que leva o seu nome: havia muito que os químicos trabalhavam com a suposição implícita da conservação da matéria. Lavoisier foi, porém, aquele que o explicitou de maneira clara e inequívoca, em seu Traité de 1789: podemos estabelecer como um axioma que, em todas as operações da arte e da natureza nada se cria; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente as mesmas; e nada ocorre além de variações e modificações na combinação dos elementos. Deste princípio depende toda a arte de executar experimentos químicos: devemos sempre supor uma igualdade exata entre os elementos do corpo examinado e aqueles dos produtos de sua análise”.
(LAVOISIER, 1790, p. 130-131)

Segundo Lavoisier, em uma transformação química a soma das massas dos reagentes deverá ser igual à soma das massas dos produtos. Podemos entender melhor essa Lei utilizando como exemplo a reação química representada por: $\text{Mg}_{(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{MgO}_{(s)}$, onde ao adicionarmos como reagentes 24 gramas de magnésio (Mg) e 16 gramas de oxigênio (O_2), teremos a formação de 40 gramas de óxido de magnésio (MgO).

Por volta de 1797, o francês Joseph Louis Proust (1754 – 1826) elaborou a Lei das Proporções Constantes. Segundo esta lei em uma substância pura, independente da sua origem, os elementos sempre estarão presentes em proporções de massas definidas. Tomando como exemplo a mesma reação de formação do óxido de magnésio (MgO) é possível observar, na tabela abaixo, o comportamento dessas duas Leis, ou seja, em cada experimento é obedecida a Lei de Lavoisier e a partir da relação entre os experimentos fica evidente a Lei de Proust.

Tabela 1: Relação entre Lavoisier (Conservação das Massas) e Proust (Proporções Constantes)

Reação	$\text{Mg}_{(s)}$	+	$\frac{1}{2} \text{O}_{2(g)}$	→	$\text{MgO}_{(s)}$	Proporção
Experimento 1	24 g		16 g		40 g	$16/24 = 0,66$
Experimento 2	48 g		32 g		80 g	$32/48 = 0,66$
Experimento 3	72 g		48 g		120 g	$48/72 = 0,66$
Experimento 4	96 g		64 g		160 g	$64/96 = 0,66$

Fonte: Autor

Baseando-se nos estudos de Lavoisier e Proust, assim como de outros cientistas, o químico, meteorologista e físico inglês John Dalton (1766 – 1844) por volta de 1803 propõem a sua Teoria Atômica, reunindo uma série de postulados, destacando, entre outras, as seguintes ideias:

1. A matéria é composta de partículas indivisíveis chamadas átomos.
2. Todos os átomos de um dado elemento tem as mesmas propriedades (por exemplo, tamanho, forma e massa), as quais diferem das propriedades de todos os outros elementos.
3. Uma reação química consiste, simplesmente, num rearranjo dos átomos de um conjunto de combinações para outro. Entretanto, os átomos individuais permanecem intactos. (BRADY e HUMISTON, 1986, p.21)

“Dalton ousou onde Lavoisier não tinha sequer especulado. Ele correlacionou os pesos relativos das unidades fundamentais dos elementos químicos com as combinações que estes apresentavam em seus compostos, considerando que todas as partículas de hidrogênio, de oxigênio etc. existentes em qualquer composto desses elementos seriam iguais em peso, tamanho ou forma; da mesma maneira, qualquer partícula de água seria igual a qualquer outra partícula de água”. (FILGUEIRAS, 2004, p. 43)

A teoria proposta por Dalton mostrou-se eficiente pois conseguia explicar fatos já existentes e teria capacidade para prever leis ainda não descobertas. A Lei de Dalton ou Lei das Proporções Múltiplas estabelecia que, em compostos diferentes formados pelos mesmos dois elementos químicos A e B, as massas de um elemento A, que reagem com a massa fixa do elemento B, encontram-se numa proporção de números inteiros e pequenos.

Dentro desse contexto, o químico alemão Jeremias Benjamin Richter (1762 – 1807) introduz no meio científico o termo estequiometria. De origem grega, a palavra estequiométrica deriva de *stoikhein* que significa “elemento” e *metron* que significa “medida”.

Em suas primeiras edições, a maioria dos livros didáticos de química adotados nas escolas de ensino médio, traziam definições curtas de estequiometria sem citar, por exemplo, o significado da palavra. Como pode ser verificado, segundo Usberco e Salvador (1997) “o cálculo das quantidades das substâncias envolvidas numa reação química é chamado de estequiometria”. De acordo com Geraldo Camargo de Carvalho (1998) com base nas proporções entre as “quantidades” das substâncias participantes das reações químicas, surgiu, no início do século XIX, a estequiometria na história da química. Já para Antônio Sardella (1998) “as bases para os cálculos de quantidades de substâncias que participam de uma transformação química surgiram no século XVIII com as leis de Lavoisier e Proust”.

Em edições revisadas e atualizadas já podemos observar uma modificação na abordagem sobre o tema. Segundo Usberco e Salvador (2005) “o cálculo das quantidades das substâncias envolvidas numa reação química é chamado estequiometria – palavra derivada do grego *stoicheia* = partes mais simples e *metreim* = medida”. Para Martha Reis (2014) “o cálculo estequiométrico é usado justamente para determinar a quantidade de reagentes que devem ser usados e de produtos que serão obtidos em uma reação química, levando em consideração

também a pureza e o excesso de reagentes, o rendimento da reação, o excesso de alguma substância, etc.

2.1.2 Aplicação e obstáculos na aprendizagem

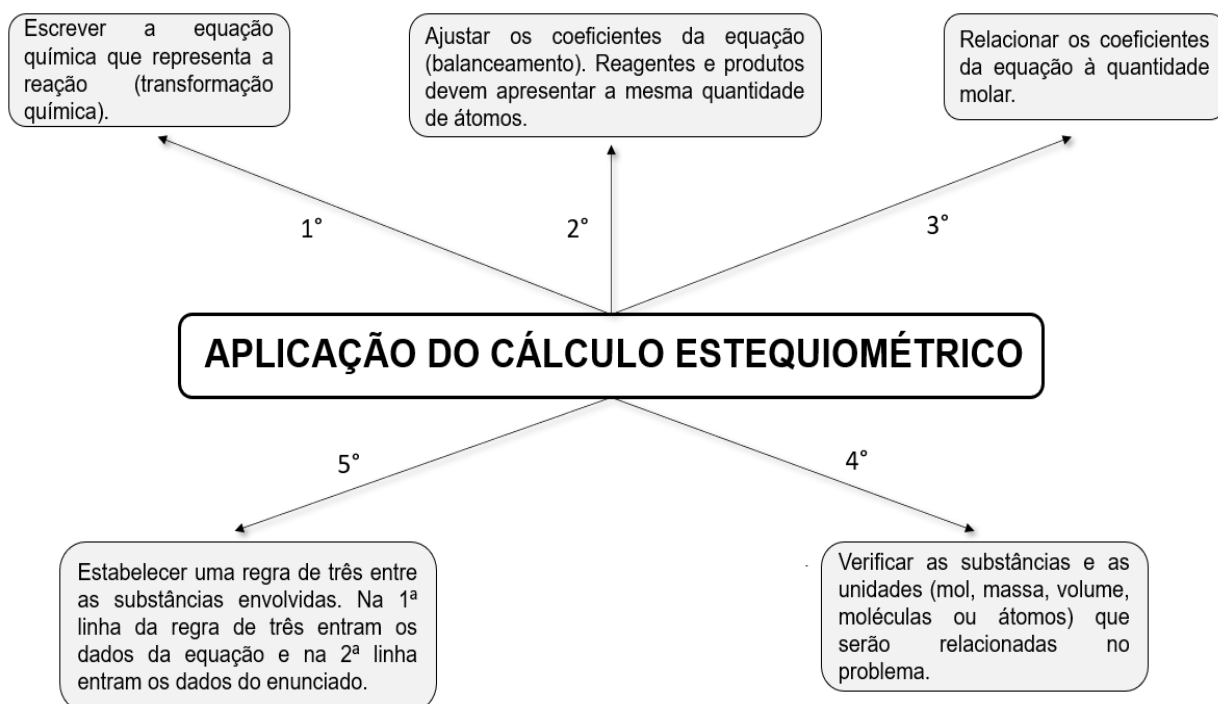
A compreensão do cálculo estequiométrico torna-se muito relevante frente a um contexto tecnológico, principalmente quando paramos para analisar a sua vasta área de aplicação.

“Por exemplo, quando falamos em indústria química não há como não pensar em cálculos estequiométricos e o entendimento desse conceito está diretamente relacionado à compreensão de vários fenômenos que ocorrem ao nosso redor, sendo necessário para que os estudantes possam interpretar as transformações químicas em diferentes contextos.” (DOS SANTOS; DA SILVA, 2014, p.134)

No Ensino Médio, antes de introduzir o estudo sobre o cálculo estequiométrico, é esperado que o estudante já tenha visto e adquirido um domínio adequado de alguns temas que são muito importantes. Faz-se necessário, por exemplo, o conhecimento sobre as transformações químicas (fenômenos químicos), as funções químicas (inorgânicas e orgânicas), o balanceamento de equações, assim como os cálculos que envolvem a massa molar, o volume, o número de mol, moléculas e átomos.

A partir de uma situação-problema que solicite o uso das relações estequiométricas envolvidas em uma reação química, devemos seguir, usualmente, alguns passos que serão destacados adiante. Assim, para facilitar a compreensão das etapas envolvidas na resolução de problemas sobre o cálculo estequiométrico, será demonstrado com o auxílio de um mapa conceitual os passos pertinentes a esse conteúdo.

Figura 1: Mapa conceitual sobre a aplicação do Cálculo Estequiométrico



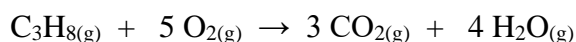
Fonte: Autor

A interpretação de uma equação de reação química é fundamental para o estudo dos cálculos que determinam as quantidades de substâncias envolvidas (BELTRAN; CISCATO, 1999). Vejamos o exemplo do exercício a seguir para a melhor compreensão da aplicação.

Considerando a reação de combustão completa do gás propano, quantos mol de gás carbônico serão formados a partir da queima de 132 g desse hidrocarboneto?

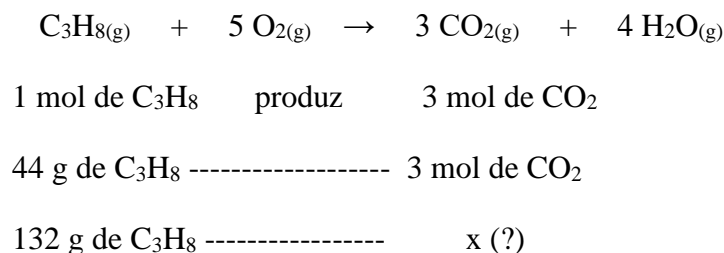
- a) 2,0 mol b) 4,5 mol c) 9,0 mol d) 12,5 mol

Inicialmente para a resolução deste exercício, devemos escrever a equação química que representa a reação ocorrida e realizar o ajuste dos seus coeficientes.



Em seguida, destacamos as substâncias que deverão ser relacionadas, de acordo com o enunciado, para a montagem da Regra de Três.

Ao verificar que a grandeza estabelecida para o gás propano é a massa, precisamos calcular a massa molar para essa substância, $\text{MM}(\text{C}_3\text{H}_8) = 44 \text{ g/mol}$



Após a realização dos cálculos matemáticos na Regra de Três, concluímos que a partir da queima de 132 g de propano serão formados 9 mol de gás carbônico (alternativa c).

Os passos sugeridos no mapa conceitual auxiliam na resolução de exercícios, mas é importante destacar que sempre será necessário empregar e desenvolver o raciocínio lógico em cada problema de cálculo estequiométrico, observando a relevância de conceitos e definições como a pureza de reagentes, o rendimento de uma reação e a presença de reagente limitante e reagente em excesso.

De acordo com a literatura, vários autores consideram o ensino do cálculo estequiométrico um grande desafio, apontando esse tópico como um dos mais difíceis de serem compreendidos por parte dos estudantes. Para Pio (2006 apud DA COSTA; SOUZA, 2013), o desenvolvimento do cálculo estequiométrico engloba três linguagens: matemática (aritmética e proporção), física (unidades de medida) e química (simbologia, grandezas e equações químicas).

No Ensino Médio, com relação aos obstáculos de aprendizagem de estequiometria, é praticamente unânime entre os docentes a dificuldade acerca da compreensão do significado de mol e quantidade de matéria por parte dos alunos. De acordo com Rogado (2004 apud Pio, 2006, p. 8) essa dificuldade está relacionada ao pouco tempo dedicado ao desenvolvimento do pensamento no nível atômico-molecular em relação ao nível representacional da constante de Avogadro – ponte essencial para a transposição entre o macroscópico e o microscópico – além da indistinção entre as grandezas, quantidade de matéria e massa.

Verone e Piazza (2007) observaram que alunos brasileiros ao balancear equações químicas conseguiam identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas químicas, mas não compreendem o significado dessas fórmulas, mostrando que não as interpretam em nível microscópico e com certa dificuldade nos cálculos matemáticos de proporções ao resolver problemas envolvendo leis ponderais.

O aspecto matemático gera uma grande preocupação entre os professores no que diz respeito ao ensino de estequiometria. O que leva o aluno a não entender as relações matemáticas

necessárias à compreensão das relações estequiométricas é a dificuldade que os mesmos apresentam em conhecimentos básicos de matemática (Hartwing, 1981 apud Migliato, 2005, p. 3). Por outro lado, devemos estar atentos enquanto educadores, para não mecanizarmos o processo de resolução de problemas que envolvem os aspectos quantitativos das transformações químicas, ou seja, o raciocínio lógico-matemático deve estar sempre alinhado com a interpretação química.

Vários autores descrevem as dificuldades do aprendizado apontando que elas estão relacionadas à maneira como o conteúdo é apresentado e a falta de atividades experimentais (GOMES e MACEDO, 2007; NEGRÓN e GIL, 2012; COSTA E SOUZA, 2013; SANTOS, 2013).

Os artigos citados, de modo geral, buscam identificar, discutir e promover alternativas para sanar as dificuldades que os estudantes apresentam no ensino do cálculo estequiométrico.

2.1.3 Abordagem no Exame Nacional do Ensino Médio

Na maioria das escolas o cálculo estequiométrico é apresentado aos alunos na última parte da 1ª série do Ensino Médio, sendo que as suas bases teóricas são reforçadas e aplicadas nas séries seguintes desse mesmo nível de ensino. Esse tema é encontrado com frequência nos principais exames de ingresso à graduação, sendo cobrado de forma isolada ou até mesmo vinculado à temas como termoquímica, radioatividade, eletroquímica e soluções. Ao analisarmos as provas do ENEM desde 2009 (ano em que passou a ser utilizado como forma de acesso às principais universidades brasileiras), percebemos a presença da estequiometria em todas as suas edições. De modo geral, as questões presentes nesses exames são contextualizadas e apresentam um certo grau de complexidade, exigindo do candidato uma interpretação adequada e um bom domínio do conhecimento químico específico.

Abaixo foram destacadas algumas questões do ENEM de exames realizados recentemente para exemplificar as características mencionadas.

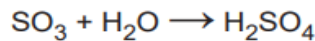
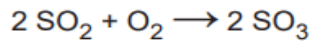
Na prova de 2019, segunda aplicação, podemos perceber um caso particular de estequiometria com maior complexidade, envolvendo grau de pureza dos reagentes, rendimento da reação e reações consecutivas.

Figura 2: ENEM PPL 2019 – Prova Azul – Questão 128

Questão 128

Na busca por ouro, os garimpeiros se confundem facilmente entre o ouro verdadeiro e o chamado ouro de tolo, que tem em sua composição 90% de um minério chamado pirita (FeS_2). Apesar do engano, a pirita não é descartada, pois é utilizada na produção do ácido sulfúrico, que ocorre com rendimento global de 90%, conforme as equações químicas apresentadas.

Considere as massas molares: FeS_2 ($120 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), O_2 ($32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), Fe_2O_3 ($160 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), SO_2 ($64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), SO_3 ($80 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), H_2O ($18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), H_2SO_4 ($98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$).



Qual é o valor mais próximo da massa de ácido sulfúrico, em quilograma, que será produzida a partir de 2,0 kg de ouro de tolo?

- A** 0,33
- B** 0,41
- C** 2,6
- D** 2,9
- E** 3,3

Fonte: INEP

Como o ENEM não disponibiliza a Tabela Periódica, a questão fornece as massas molares de todos os participantes das reações. Inicialmente nota-se a presença de três reações consecutivas devidamente balanceadas, entretanto o candidato deve estar atento à necessidade de escrever a equação química global do processo, pois as substâncias que serão relacionadas encontram-se em reações químicas diferentes, sendo a pirita (FeS_2), na primeira reação e o ácido sulfúrico (H_2SO_4) na terceira reação. Antes de estabelecer a regra de três entre as substâncias envolvidas é necessário determinar a pureza da amostra (2,0 kg de ouro tolo com 90% de FeS_2), onde apenas 1,8 kg de FeS_2 serão consumidos para a formação do ácido sulfúrico. Posteriormente, o aluno ainda deve levar em consideração o rendimento de 90% do processo.

Considerando que no ENEM o estudante tem em média apenas três minutos para resolver uma questão, fica evidente a necessidade de dominar as competências e habilidades propostas pelo exame. De acordo com a questão destacada, podemos citar como competência e habilidades:

*“**Competência específica 1:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.*

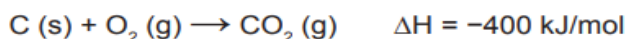
***Habilidade (EM13CNT307):** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano. **Habilidade (EM13CNT101):** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.” (BNCC, 2018, p. 554-559)*

Na prova de Ciências da Natureza de 2015, segunda aplicação, o exame cobrou o cálculo estequiométrico relacionado aos conteúdos de termoquímica e radioatividade.

Figura 3: ENEM PPL 2015 – Caderno Branco – Questão 86

QUESTÃO 86

O urânio é um elemento cujos átomos contêm 92 prótons, 92 elétrons e entre 135 e 148 nêutrons. O isótopo de urânio ^{235}U é utilizado como combustível em usinas nucleares, onde, ao ser bombardeado por nêutrons, sofre fissão de seu núcleo e libera uma grande quantidade de energia ($2,35 \times 10^{10}$ kJ/mol). O isótopo ^{235}U ocorre naturalmente em minérios de urânio, com concentração de apenas 0,7%. Para ser utilizado na geração de energia nuclear, o minério é submetido a um processo de enriquecimento, visando aumentar a concentração do isótopo ^{235}U para, aproximadamente, 3% nas pastilhas. Em décadas anteriores, houve um movimento mundial para aumentar a geração de energia nuclear buscando substituir, parcialmente, a geração de energia elétrica a partir da queima do carvão, o que diminui a emissão atmosférica de CO_2 (gás com massa molar igual a 44 g/mol). A queima do carvão é representada pela equação química:



Qual é a massa de CO_2 , em toneladas, que deixa de ser liberada na atmosfera, para cada 100 g de pastilhas de urânio enriquecido utilizadas em substituição ao carvão como fonte de energia?

- A** 2,10
- B** 7,70
- C** 9,00
- D** 33,0
- E** 300

Fonte: INEP

Podemos notar na questão uma equação química relativamente simples e devidamente balanceada. Porém a sua maior complexidade está no enunciado, principalmente pela quantidade de dados que são fornecidos, exigindo do aluno além do conhecimento sobre cálculo estequiométrico e entalpia de combustão, uma excelente interpretação para saber utilizar as informações numéricas que são relevantes para a resolução do problema. Percebe-se, no início do enunciado, que dados como o número de prótons, elétrons e nêutrons não são essenciais, uma vez que a questão traz logo em seguida o número de massa do isótopo do urânio (^{235}U). Outro dado que poderia ser descartado pelo estudante é a concentração natural de 0,7% de ^{235}U em minérios de urânio, sendo relevante para a resolução apenas a concentração de 3% do isótopo ^{235}U nas pastilhas de urânio. Ao final do problema, o aluno ainda deve estar atento à

conversão de unidades de massa, pois o problema fornece a massa em gramas das pastilhas de urânio e cobra a massa de gás carbônico em toneladas.

A partir da leitura e abordagem dessas duas questões, fica evidente que nós enquanto professores do Ensino Médio, precisamos buscar e compreender cada vez mais as competências e habilidades propostas na matriz de referência do ENEM, visando a melhor forma de empregá-las durante o processo de aprendizagem dos estudantes.

2.2 A importância da autonomia do aluno

Podemos observar nas últimas décadas como a escola e a vida das pessoas de modo geral, foram impactadas por diversas transformações de cunho social, político, econômico e tecnológico. Talvez a escola, por apresentar uma base historicamente sólida, tenha sido a parte que mais sentiu tais modificações.

Segundo Viana (2013, p.14), nas sociedades contemporâneas, as rápidas transformações no mundo do trabalho, bem como o avanço tecnológico que configura a sociedade virtual e os meios de informação, vêm incidindo fortemente na educação, levando a um aumento dos desafios para torná-la uma conquista democrática efetiva.

No cenário atual, a construção da educação contemporânea passa por uma reflexão ampla e dinâmica, buscando um diálogo interdisciplinar para discutir os pontos conceituais essenciais que a norteiam. De forma contrária às práticas pedagógicas historicamente consolidadas, a sociedade atual anseia por uma postura diferenciada e inovadora do docente, inferindo uma nova relação deste com o conhecimento.

De acordo com Bassalobre (2013) as demandas sociais implicam em novas aprendizagens, no desenvolvimento de novas competências, em alteração de concepções, ou seja, na construção de um novo sentido ao fazer docente, imbuído das dimensões ética e política.

Freire (2003) contextualiza a educação como um fenômeno revelado ao homem pelo fato deste estar em processo de transformação, ou seja, é um sujeito inacabado e que precisa adquirir conhecimento para, desta forma, tornar-se sujeito ativo em sua história e não meramente um coadjuvante.

O docente deve estar preparado para promover debates durante as aulas, com o intuito de incentivar e desenvolver no aluno o exercício da construção de opinião sobre um determinado tema, aprendendo primordialmente a ouvir, argumentar e respeitar outras opiniões. Cabe ao docente o papel de

“[...] assegurar um ambiente dentro do qual os alunos possam reconhecer e refletir sobre suas próprias ideias; aceitar que outras pessoas expressem pontos de vista diferentes dos seus, mas igualmente válidos e possam avaliar a utilidade dessas ideias em comparação com as teorias apresentadas pelo professor. De fato, desenvolver o respeito pelos outros e a capacidade de dialogar é um dos aspectos fundamentais do pensamento Freireano”. (JÓFILI, 2002, p. 196)

Escolas e universidades não podem continuar da mesma forma que foram concebidas há décadas, negar a necessidade de diferenciação e reformulação significar ir em direção contrária às necessidades de aprendizagens atuais.

Para Vieira (1998, p.23)

“Na sociedade atual, em constante evolução, cada vez mais heterogênea sob todos os pontos de vista, onde a capacidade de refletir criticamente, de resolver problemas, de efetuar escolhas e tomar decisões é quase condição de sobrevivência, a autonomia assume um lugar imprescindível na vida de cada um, e a escola não pode alhear-se desse fato”.

Em relação ao aluno autônomo, Preti (2005) apud Lima et al. (2010, p.2) afirma que o aluno/aprendente precisa desenvolver atitudes que promovam a interaprendizagem e a pesquisa, estando sempre disposto e motivado a empreender ações de modo a viabilizar seu acesso ao conhecimento.

Para Freire (2000, p. 25)

“As crianças precisam crescer no exercício desta capacidade de pensar, de indagar-se e de indagar, de duvidar, de experimentar hipóteses de ação, de programar e de não apenas seguir os programas a elas, mais do que propostos, impostos. As crianças precisam ter

assegurado o direito de aprender a decidir, o que se faz decidindo. Se as liberdades não se constituem entregues a si mesmas, mas na assunção ética de necessários limites, a assunção ética desses limites não se faz sem riscos a serem corridos por elas e pela autoridade ou autoridades com que dialeticamente se relacionam”.

O estímulo e o fortalecimento da consciência crítica são determinantes para o desenvolvimento de uma postura ética e autônoma dos estudantes.

2.3 Metodologias Ativas e Modelos Híbridos

O tema, metodologias ativas, vem sendo trabalhado ao longo do século XX, não representando mais uma novidade. Segundo Abreu (2009), o primeiro indício dos métodos ativos encontra-se na obra Emílio de Jean Jacques Rousseau (1712-1778), tido como o primeiro tratado sobre filosofia e educação do mundo ocidental e na qual a experiência assume destaque em detrimento da teoria.

Como exemplo, Paulo Freire (1921-1997) já defendia e enfatizava uma postura ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. *A educação bancária*, citada por Freire, prioriza a memorização mecânica dos conteúdos e acaba transformando os educandos em recipientes que deveriam ser enchidos pelo educador. “Quanto mais vá enchendo os recipientes com seus depósitos, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente encher, tanto melhores educandos serão” (FREIRE, 1982, p. 66)

Contrapondo essa concepção bancária da educação, Freire apresenta uma educação humanista e problematizadora.

“Assim é que, enquanto a prática bancária, como enfatizamos, implica uma espécie de anestesia, inibindo o poder criador dos educandos, a educação problematizadora, de caráter autenticamente reflexivo, implica num constante ato de desvelamento da realidade. A primeira pretende manter a imersão; a segunda, pelo contrário, busca a emersão das consciências, de que resulte a inserção crítica na realidade”.
(FREIRE, 1982, p. 80)

Os métodos tradicionais, que privilegiam a transmissão de informações pelos professores, faziam sentido quando o acesso à informação era difícil. Com a Internet e a divulgação aberta de muitos cursos e materiais, podemos aprender em qualquer lugar, a qualquer hora e com muitas pessoas diferentes. Isso é complexo, necessário e um pouco assustador, porque não temos modelos prévios bem sucedidos para aprender de forma flexível numa sociedade altamente conectada. (ALMEIDA & VALENTE, 2012).

As metodologias ativas com a orientação do professor, enfatizam o protagonismo do aluno, possibilitando o seu envolvimento direto, reflexivo e participativo em todas as etapas. Segundo Pereira (2012, p. 6), metodologia ativa representa todo o processo de organização da aprendizagem (estratégias didáticas) cuja centralidade do processo esteja, efetivamente, no estudante. Contrariando assim a exclusividade da ação intelectual do professor e a representação do livro didático como fontes exclusivas do saber na sala de aula.

Para Moran (2015), as metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa. Neste contexto, podemos destacar que o método ativo, através de uma ótica crítica e reflexiva, estimula os processos de ensino e aprendizagem. O estudante, desempenhando seu papel ativo nesse processo é corresponsável por seu próprio aprendizado.

De acordo com Medeiros (2014, p. 43)

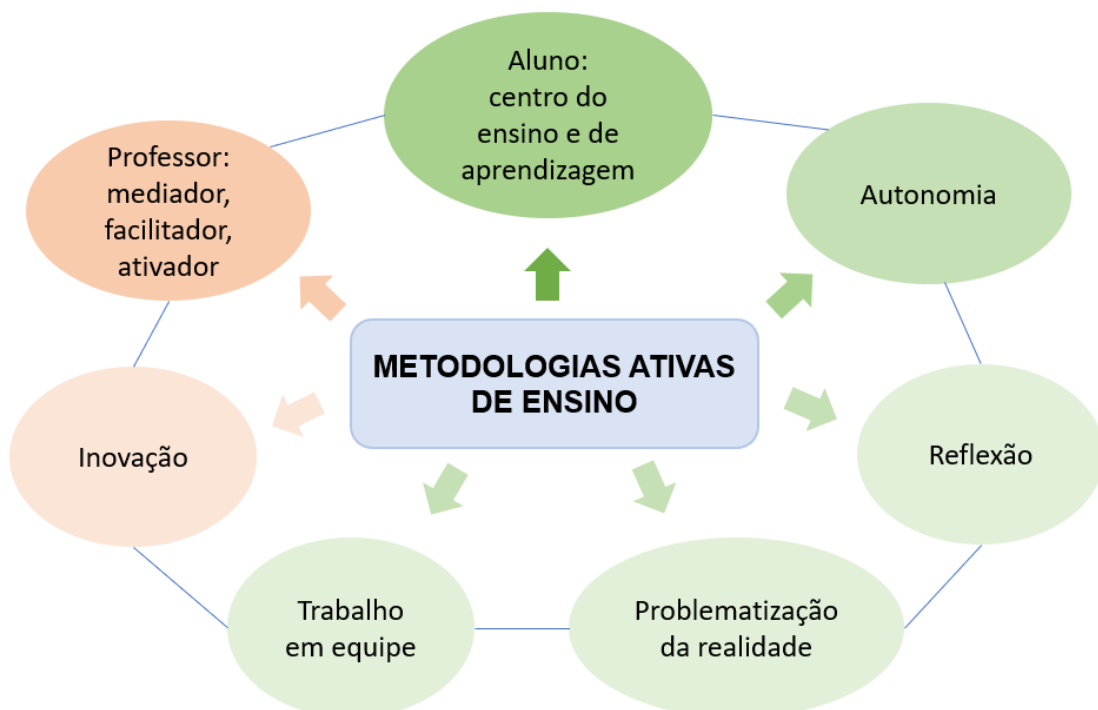
“O método envolve a construção de situações de ensino que promovam uma aproximação crítica do aluno com a realidade; a opção por problemas que geram curiosidade e desafio; a disponibilização de recursos para pesquisar problemas e soluções; bem como a identificação de soluções hipotéticas mais adequadas à situação e a aplicação dessas soluções. Além disso, o aluno deve realizar tarefas que requeiram processos mentais complexos, como análise, síntese, dedução, generalização”.

Segundo Moran (2015), o docente dentro da perspectiva do método ativo, apresenta o papel de orientador e curador.

“Curador, que escolhe o que é relevante entre tanta informação disponível e ajuda a que os alunos encontrem sentido no mosaico de materiais e atividades disponíveis. Curador, no sentido também de cuidador: ele cuida de cada um, dá apoio, acolhe, estimula, valoriza, orienta e inspira. Orienta a classe, os grupos e a cada aluno. Ele tem que ser competente intelectualmente, afetivamente e gerencialmente (gestor de aprendizagens múltiplas e complexas). Isso exige profissionais melhor preparados, remunerados, valorizados. Infelizmente não é o que acontece na maioria das instituições educacionais”. (Moran, 2015, p. 24)

Diversos são os benefícios observados quando trazemos os métodos ativos para dentro da sala de aula, principalmente em relação à modificação na forma de conceber o aprendizado, onde o aluno é levado a pensar de maneiras diferentes, conectando ideias para resolver problemas. A figura a seguir destaca os principais pilares que são abordados nas metodologias ativas.

Figura 4: Princípios das metodologias ativas



Fonte: DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. M. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica.** Revista THEMA, v. 14, n. 1. p. 268-288, 2017.

(Adaptado)

Quando nos referimos à aprendizagem, além do método ativo, podemos destacar que a aprendizagem híbrida (*blended learning*) desempenha um papel especial nesse processo. Atualmente, o ensino híbrido apresenta uma forte mediação tecnológica, proporcionando diversas possibilidades de combinações de atividades e itinerários. De acordo com Horn e Staker (2015, p. 44):

“O ensino híbrido é um programa de educação formal no qual um estudante aprende, pelos menos em parte, por meio de aprendizagem on-line, sobre o qual tem algum controle em relação ao tempo, ao lugar, ao caminho e/ou ao ritmo e, pelo menos em parte, em um local físico, supervisionado, longe de casa”.

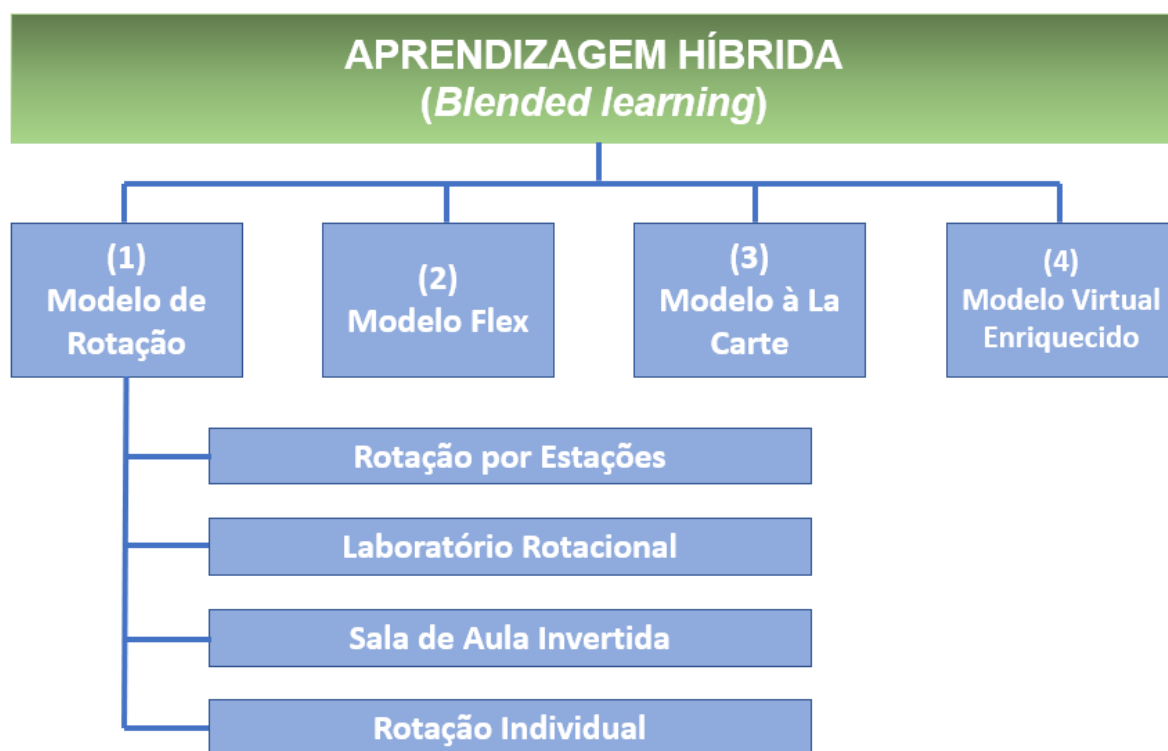
Dessa forma, professor e aluno dentro dessa proposta educacional, ultrapassam as barreiras da escola, onde os encontros caracterizam-se sempre em dias e horários predefinidos, ou seja, ambos são capazes de ensinar e aprender sem limitações de espaço e tempo, visto que a aprendizagem em sua essência é um processo ininterrupto. Para Moran (2015), o que a tecnologia traz hoje é integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e aprender acontece numa interligação simbiótica, profunda, constante entre o que chamamos mundo físico e mundo digital. Não são dois mundos ou espaços, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla, hibridiza constantemente.

Vale destacar que o *on-line* não representa um elemento único para a definição de híbrido:

“Na educação, acontecem vários tipos de misturas, blended ou educação híbrida: de saberes e valores, quando integramos várias áreas de conhecimento (do modelo disciplinar ou não); de metodologias, com desafios, atividades, projetos, games, grupais e individuais, colaborativos e personalizados. Também falamos de tecnologias híbridas, que integram as atividades da sala de aula com as digitais, as presenciais com virtuais. Híbrido também pode ser um currículo mais flexível, que planeje o que é básico e fundamental para todos e que permita, ao mesmo tempo, caminhos personalizados para atender às necessidades de cada aluno. Híbrido também é a articulação de processos de ensino e aprendizagem mais formais com aqueles informais, de educação aberta e em rede. Implica misturar e integrar áreas, profissionais e alunos diferentes, em espaços e tempos distintos.” (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015, p. 28-29)

A figura a seguir destaca os quatro modelos de ensino híbrido propostos por Horn e Staker (2012).

Figura 5: Categorização do Ensino Híbrido



Fonte: Horn e Staker (2012). (Adaptado)

No Modelo de Rotação (1) há um revezamento de atividades presenciais e *on-line*, onde o aluno desenvolve estudos em sala de aula e em ambientes virtuais, todos com acompanhamento do professor. Na Rotação por Estações os estudantes organizam-se em grupos que irão participar de uma série de tarefas divididas em estações, cujos objetivos foram previamente estabelecidos pelo professor. Os alunos devem trocar as estações, passando por todas elas até o final da aula. No Laboratório Rotacional uma parte dos estudantes realiza atividades na sala de aula tradicional enquanto a outra desenvolve tarefas com o auxílio dos computadores (sala informatizada). Na Rotação Individual as tarefas (estações e o tempo de rotação) são desenvolvidas seguindo as necessidades individuais de cada aluno. A Sala de Aula Invertida será contextualizada adiante.

No Modelo Flex (2) há um destaque para o ensino personalizado e a aprendizagem *on-line*. O docente fica à disposição para esclarecer as dificuldades e o estudante é quem determina

o ritmo do andamento dos estudos. No Modo à La Carte (3) a aprendizagem também é personalizada, onde o estudante e o professor organizam os estudos com base nos objetivos gerais pretendidos. Nesse modelo, pelo menos uma disciplina deve ser realizada inteiramente de forma *on-line*. No Modelo Virtual Enriquecido (4) a experiência é vivenciada por toda a escola, de modo que, dentro de cada curso, os alunos organizam o tempo entre as atividades de aprendizagem presencial e *on-line*.

2.3.1 Sala de Aula Invertida

A introdução das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) na educação tem alterado de maneira significativa a dinâmica das atividades na sala de aula e nas escolas como um todo. Devido à popularização do uso da internet, nota-se que houve uma expansão no uso das TDICs em diferentes setores como, por exemplo, indústria, comércio, investimento e educação (OLIVEIRA, MOURA, SOUSA, 2015).

Assim como no caso do *blended learning*, é possível classificar a sala de aula invertida como uma modalidade de ensino (VALENTE, 2014) ou como uma metodologia de ensino (BERGMANN; SAMS, 2016). De acordo com Moran (2015), embora o conceito de sala de aula invertida ao longo dos anos tenha sido desenvolvido de diferentes formas, frequentemente é atribuído a Bergmann e Sams (2012), que aplicou a metodologia em suas aulas de ciências do Ensino Médio a partir de 2006.

Para Bergmann e Sams (2012), a sala de aula invertida (*flipped classroom*) é o nome dado a um modelo de educação no qual se transfere toda a prioridade de aprendizagem para o aluno. Ainda segundo os autores: “o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula” (BERGMANN; SAMS, 2016, p. 11). Seu foco é voltado para promover a colaboração permitindo que os conteúdos sejam compartilhados. Dessa forma, é dado ao estudante a oportunidade de aprender a teoria virtualmente a partir de leituras e vídeos fora do contexto da escola (em casa), possibilitando que os mesmos aproveitem melhor o tempo e realizem atividades mais ricas em sala de aula sob a supervisão e orientação dos professores.

Segundo a Educause (2002), a sala de aula invertida é definida da seguinte forma:

“A sala de aula invertida é um modelo pedagógico em que os elementos típicos da aula e da lição de casa são alternados. Pequenas aulas em vídeo são assistidas por estudantes em casa antes da aula, enquanto o tempo na sala é dedicado a exercícios, projetos ou discussões. As aulas em vídeo são muitas vezes consideradas o ingrediente chave na abordagem invertida, sendo criadas e disponibilizadas pelo professor ou selecionadas de um repositório online. Embora uma aula pré-gravada possa ser um podcast ou outro formato de áudio, a facilidade com que um vídeo pode ser acessado e visualizado hoje tornou-o tão onipresente que o modelo invertido passou a ser identificado com vídeos”.

De acordo com o relatório Flipped Classroom Field Guide (2014), as regras básicas para inverter a sala de aula são:

- 1) As atividades em sala de aula envolvem uma quantidade significativa de questionamento, resolução de problemas e de outras atividades de aprendizagem ativa, obrigando o aluno a recuperar, aplicar e ampliar o material aprendido on-line;
- 2) Os alunos recebem feedback imediatamente após a realização das atividades presenciais;
- 3) Os alunos são incentivados a participar das atividades on-line e das presenciais, sendo que elas são computadas na avaliação formal do aluno, ou seja, valem nota;
- 4) Tanto o material a ser utilizado on-line quanto os ambientes de aprendizagem em sala de aula são altamente estruturados e bem planejados.

Bishop e Verleger (2013) demonstram em uma tabela, uma definição em linhas gerais dessa metodologia.

Tabela 2: Definição mais ampla de Sala de Aula Invertida

Em sala de aula	Fora da sala de aula
Questões e respostas	Vídeos e leituras
Estudos em grupo Resolução de problemas abertos e fechados	Resolução de atividades fechadas tipo Quizz e Listas de Exercícios

Fonte: BISHOP e VERLEGER (2013)

Neste sentido, a *Flipped Classroom* possibilita um ambiente onde o aluno desenvolve responsabilidade por sua própria aprendizagem. Os conteúdos gravados podem ser acessados, estudados, arquivados e revisados a qualquer momento, a partir da utilização de diversas tecnologias. A sala de aula passa a ser um espaço de colaboração, interação, reflexão e de fortalecimento das relações entre professor/aluno.

2.3.2 Peer Instruction

A metodologia ativa *Peer Instruction* (PI) ou instrução por pares em tradução livre, tem como objetivo proporcionar que os alunos se engajem no processo de aprendizagem, ou seja, é uma estratégia pedagógica que tem como base o estímulo à discussão entre os estudantes a partir de questões conceituais.

Em 1990, o professor Erick Mazur, lecionando as disciplinas de introdução à física nos cursos de graduação de engenharia e ciências na Universidade de Harvard, percebeu que os estudantes não estavam compreendendo o que ele se propunha a ensinar. Insatisfeito com esse prejuízo ao processo de aprendizagem, causado sobretudo pela passividade e baixa atividade intelectual dos estudantes durante as aulas tradicionais de Física, o professor Mazur desenvolveu, no ano de 1990, o PI (MAZUR, 2015).

Esse método de aula “estimula os estudantes a pensar através de argumentos que estão sendo desenvolvidos e promove que eles e o professor acessem o quanto entenderam os conceitos” (MAZUR, 1997, p. 10)

Segundo Araújo e Mazur (2013, p. 367), o PI pode ser descrito como:

“[...] um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor e apresentação de questões conceituais, em sala de aula, para os alunos discutirem entre si. Sua meta principal é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes. Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais por parte do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais para os alunos responderem primeiro individualmente e então discutirem com os colegas”.

As fases de aplicação do PI serão descritas no roteiro a seguir, onde cada etapa será abordada de forma mais detalhada no decorrer desta seção.

- Leituras / vídeos online prévios dos conteúdos antes da aula pelos estudantes;
- Quizz;
- Breve explicação do professor sobre o tema (aula expositiva de curta duração);
- Aplicação dos Testes conceituais (TC);
- Conclusão / fornecimento de conteúdo e atividades para o próximo encontro.

Visando aumentar a eficiência do método PI, na realização da primeira etapa, cujo objetivo é possibilitar que os alunos acessem e estudem previamente os conteúdos, é empregada a estratégia metodológica conhecida como sala de aula invertida (*Flipped Classroom*), um ponto essencial do PI, servindo também para estimular a consulta a fontes primárias e a aprendizagem a partir delas. Essa etapa deve ser concretizada preferencialmente em casa pelo aluno.

A utilização de quizz no encontro presencial, especialmente no início da aula de aplicação do PI, permite ao professor verificar se os alunos cumpriram de maneira adequada a primeira etapa. O quizz por ser também um agente motivador, deve ser elaborado com perguntas simples sobre o conteúdo acessado pelos alunos. Questões com maior grau de dificuldade nesse momento, podem desencadear um processo completamente oposto ao esperado, desmotivando e punindo principalmente os alunos que estudaram os conteúdos, mas que tiveram alguma dificuldade para compreender os conceitos abordados previamente.

Os questionários conceituais, em geral três questões abertas respondidas em casa pelos alunos, também podem ser utilizados como agente motivador do estudo prévio, sendo uma opção além do quizz. Nesse processo (*Just-in-Time Teaching*, ou *Ensino sob Medida*), as respostas dadas pelos estudantes são encaminhadas pela Web para o professor antes da aula. Dessa forma, em função dos acertos e erros dos participantes, o docente é capaz de verificar com antecedência os aspectos que requerem maior atenção, preparando a sua aula de forma mais eficaz e voltada às necessidades dos estudantes.

Posteriormente, em sala de aula, o professor realiza uma breve explanação do tema ou tópico proposto problematizando-o e motivando os alunos, com duração de aproximadamente dez minutos. Na sequência, os alunos são conduzidos a responder os testes conceituais.

A elaboração dos testes conceituais é uma etapa que requer atenção especial do docente, sendo muito importante para que o objetivo da metodologia seja alcançado. As perguntas selecionadas para os testes conceituais devem abordar conceitos fundamentais e os pontos principais sobre o tema, além disso, devem apresentar um grau de dificuldade desejável para os alunos, sem conter as famosas “pegadinhas”, não devendo ser nem fáceis demais e nem muito difíceis.

Mazur (1997, p. 10), de modo geral, descreve o roteiro de aplicação dos testes conceituais da seguinte forma:

- A questão é exposta para a turma em cerca de 1 minuto;
- Fornecido o tempo de aproximadamente 1 minuto para cada aluno pensar individualmente;
- Alunos marcam suas respostas individuais;
- Aluno interage e argumenta com seu colega sobre sua escolha de resposta em aproximadamente 1 – 2 minutos;
- Alunos marcam suas respostas revisadas;
- Feedback para o professor: Contagem das respostas;
- Esclarecimento das respostas.

Em cada tempo de aula de cinquenta minutos, estima-se que os alunos consigam realizar de 3 a 4 testes conceituais. As perguntas selecionadas para os TC podem ser de múltipla escolha ou abertas, os estudantes podem fazer uso de diferentes meios e tecnologias para responder às perguntas individualmente. Para Crouch et al. (2007) os métodos de votação podem ir desde uma simples contagem de mãos levantadas à utilização de ferramentas eletrônicas (*clickers*) ou de cartões coloridos elaborados para este fim (*flashcards*).

No primeiro momento, cada aluno deve refletir individualmente a questão proposta sem ter o conhecimento das repostas dadas pelos outros colegas de classe, descartando dessa forma a influência gerada por eles.

Após a votação, o nível de acertos e erros das questões respondidas individualmente pelos alunos é imediatamente obtido pelo professor, que repassa essa informação para a turma sem que os alunos saibam ainda a alternativa correta. Uma das vantagens da utilização de tecnologias e meios eletrônicos nessa etapa de coleta de dados é que os estudantes podem votar de forma simultânea, fornecendo maior rapidez e exatidão na obtenção desses dados, garantindo o anonimato dos mesmos ao votarem. A computação dos votos pelo levantar das mãos embora

também forneça ao professor uma noção rápida do nível de acertos e erros, por ser feita de forma aberta (publicamente), pode provocar um certo desconforto nos alunos. Outro ponto relevante dessa forma de votação é que ela pode gerar imprecisão, pois possibilita que as respostas dadas pela maioria dos estudantes interfiram posteriormente na discussão entre os pares.

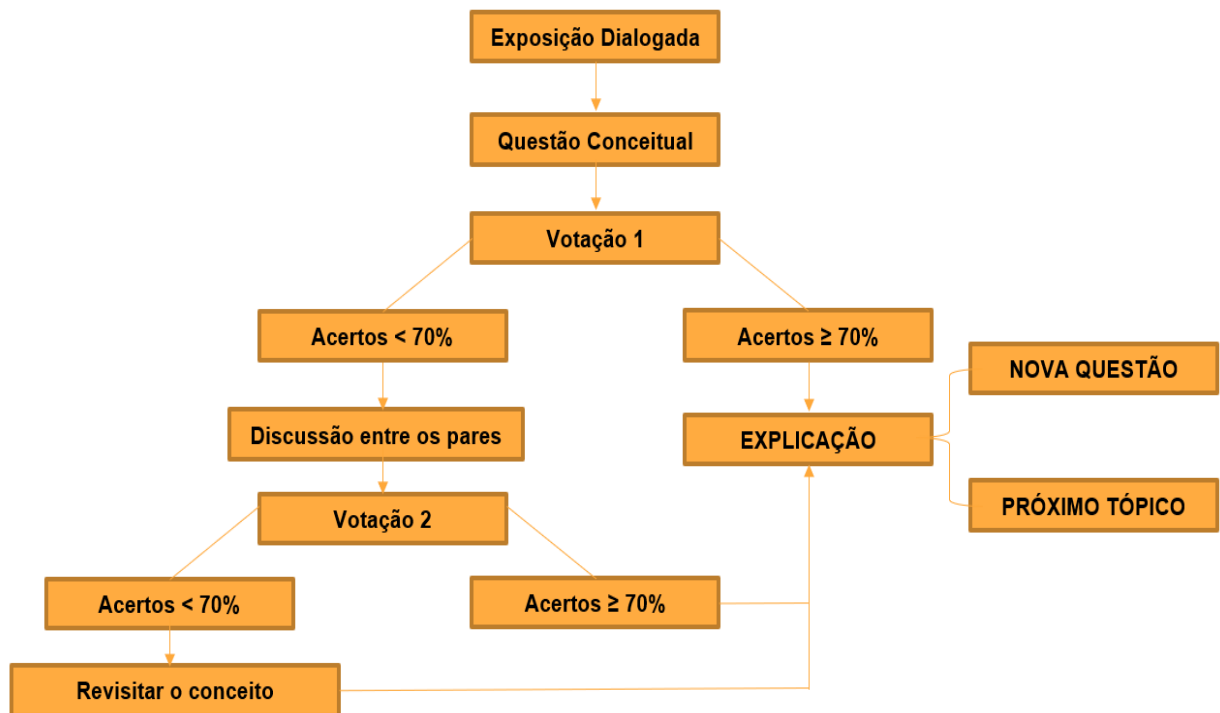
De acordo com Mazur (2015), é importante considerar que, se o resultado da votação resultar em mais de 70% de acertos, o professor pode comentar a questão, argumentando sobre a pertinência da alternativa considerada correta e apontando o que está incorreto nas demais alternativas, e seguir em frente.

Em contrapartida, se o professor identificar que o nível de acertos na questão ficou abaixo de 70%, os estudantes são conduzidos à discussão com seus pares, onde cada um pode argumentar sobre suas escolhas na questão. Em seguida o professor realiza uma nova votação sobre a questão e as informações são passadas aos alunos. Nessa metodologia, é esperado que seja verificado um aumento no nível de acertos na segunda votação, após a discussão entre os pares. A partir dessas discussões, os alunos podem refletir melhor sobre o tema proposto, a troca de informações permite que aqueles que possuem uma melhor compreensão sobre os conceitos possam ajudar e instruir os que ainda não possuem.

Ao longo da aula com essa metodologia, o professor faz uma breve explanação a cada ciclo de testes conceituais, promovendo uma alternância entre as questões aplicadas e a exposições realizadas.

A figura 6 traz um fluxograma demonstrando as etapas de execução do método PI:

Figura 6: Estratégia metodológica *Peer Instruction*



Fonte: Adaptação de Lasry; Mazur; Watkins, 2008, p 1067.

Porém, caso haja um nível de acerto inferior a 35% em alguma questão, é aconselhável que o professor antes de retomar o processo explique novamente o conteúdo, de preferência utilizando uma nova abordagem, pois há uma alta probabilidade da maioria não ter compreendido o conceito trabalhado.

Ao término de cada aula, o professor disponibiliza para os alunos novas tarefas e conteúdos que serão trabalhados no próximo encontro.

3 OBJETIVOS

Aplicar a metodologia ativa de aprendizagem *Peer Instruction* (PI) e verificar os benefícios gerados no processo de aprendizagem no ensino de estequiometria.

3.1 Objetivos específicos

- Promover uma integração maior entre professor-aluno facilitando o processo de aprendizagem;
- Promover a inclusão de metodologias híbridas (auxílio de aula invertida);
- Desenvolver a autonomia dos alunos na construção do conhecimento e na resolução de problemas que envolvam o ensino de cálculo estequiométrico;
- Elaborar um plano de aula com a inclusão da metodologia ativa PI, como intuito de auxiliar professores na formulação de suas aulas e contribuir para a melhor compreensão por parte dos alunos dos conteúdos trabalhados.

4 METODOLOGIA

Segundo Gressler (1989, p. 24), a pesquisa é um inquérito ou exame cuidadoso para descobrir novas informações ou relações, ampliar e verificar o conhecimento existente. Essa pesquisa apresenta, do ponto de vista metodológico, uma natureza qualitativa, pois segundo Moreira (2011), o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. O viés qualitativo da pesquisa foi pensado para a realidade escolar, pois se caracteriza pelo pesquisador atuando por um tempo prolongado e em contato direto com o ambiente em estudo, priorizando o processo de desenvolvimento da pesquisa e não somente o resultado final (LUDKE; ANDRÉ, 2012).

O presente trabalho também apresenta uma perspectiva de pesquisa-ação, no qual o docente, como mediador, participou de todas as atividades propostas durante a aplicação. Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação na educação tem como finalidade uma evolução do ensino e conseqüentemente uma melhoria no aprendizado dos alunos através do progresso do professor-pesquisador, que usará sua pesquisa para esse fim.

A coleta de dados foi realizada a partir de uma abordagem qualitativa e quantitativa. Desse modo, para obter as informações de cunho quantitativo, referentes à aplicação da metodologia *Peer Instruction*, foi utilizada a ferramenta tecnológica conhecida como Plickers.

O site/aplicativo Plickers é uma ferramenta gratuita que apresenta diversas funções que agregam valor à metodologia PI. Dentre os diversos recursos, o professor é capaz de criar bibliotecas para armazenar as questões elaboradas, cadastrar e acompanhar os estudantes que são organizados de acordo com as turmas, além de realizar a contagem dos votos dados em cada questão.

O aplicativo Plickers, é utilizado em ambiente web, Android e iOS (Apple), permitindo a elaboração de questionários de múltipla escolha, sendo usado para *feedback* individual dos estudantes e permitindo que professores visualizem imediatamente as respostas individuais destes (PAULA; SOARES, 2016).

Para sua utilização é necessário que o professor efetue o cadastro no *site*¹ e baixe em um smartphone ou tablet o aplicativo. Em cada turma é possível realizar o cadastro de até sessenta e três alunos, de modo que cada estudante cadastrado recebe um número associado a ele que

¹ <https://www.plickers.com>

identificará o seu respectivo cartão de resposta. A figura 7 traz como exemplo, a criação de uma turma e o cadastro de alunos no aplicativo.

Figura 7: Cadastro de alunos no Plickers.

The screenshot shows the Plickers app interface. On the left is a sidebar menu with options like 'New Set', 'Recent', 'Your Library', 'Reports', 'Scoresheet...', 'Your Classes', and 'New Class'. The main area displays the class name 'DEMONSTRAÇÃO - TURMA 2022' and a 'Students' section. Below this, there is a 'Quick Add Student' button and a table of registered students. The table has columns for 'FIRST NAME', 'LAST NAME', and 'CARD NO'. The students listed are ALUNO A through ALUNO J, with card numbers 1 through 10.

FIRST NAME ^	LAST NAME ^	CARD NO ^
ALUNO	A	1
ALUNO	B	2
ALUNO	D	4
ALUNO	C	3
ALUNO	E	5
ALUNO	F	6
ALUNO	G	7
ALUNO	I	9
ALUNO	H	8
ALUNO	J	10

Fonte: Autor

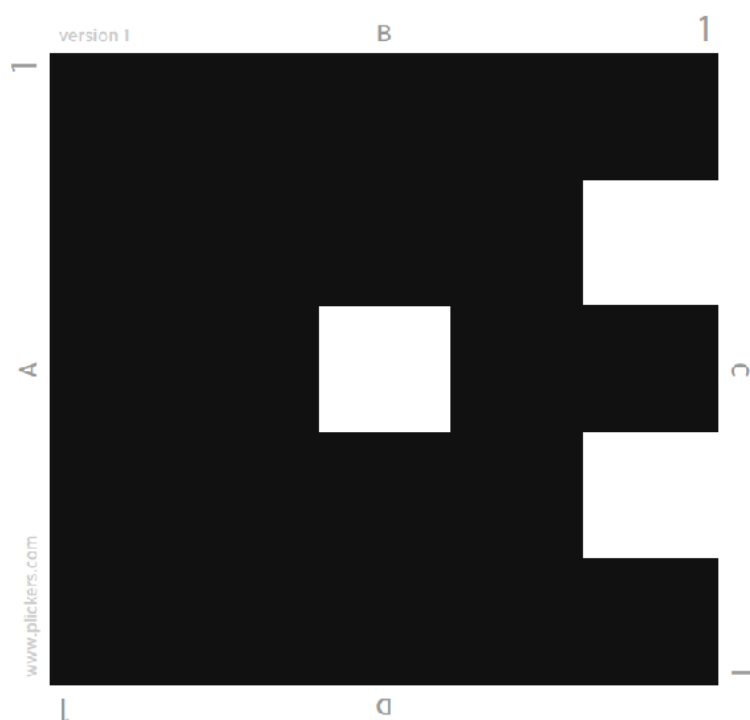
O professor, após essa etapa, já pode realizar o cadastro das questões. As perguntas, além dos textos, podem vir acompanhadas de figuras e devem ser objetivas tendo quatro itens (A, B, C e D) como opções de resposta, sendo apenas uma a correta. Cada questão cadastrada pode ser adicionada na biblioteca do professor podendo ser reutilizada em outras turmas.

Uma outra grande vantagem da utilização do Plickers, frente a outros aplicativos, é que a leitura das respostas dos alunos é feita através de cartões impressos, ou seja, nenhum estudante corre o risco de constrangimento por não possuir um telefone no momento da realização da atividade, pois apenas o professor precisa estar portando o smartphone.

Cada cartão resposta é único e diferenciado em sua forma, apresentando um número que é utilizado para identificar o estudante associado a ele. O cartão do aplicativo Plickers utiliza a

concepção do QR Code, termo derivado de Quick Response, que em inglês significa resposta rápida, que consiste em um código de barras 2D facilmente detectado e traduzido por celulares que contenham câmera e aplicativos capazes de fazer sua leitura (GAZOLLA NETO *et al.*, 2012). A figura 8 traz um exemplo de cartão resposta.

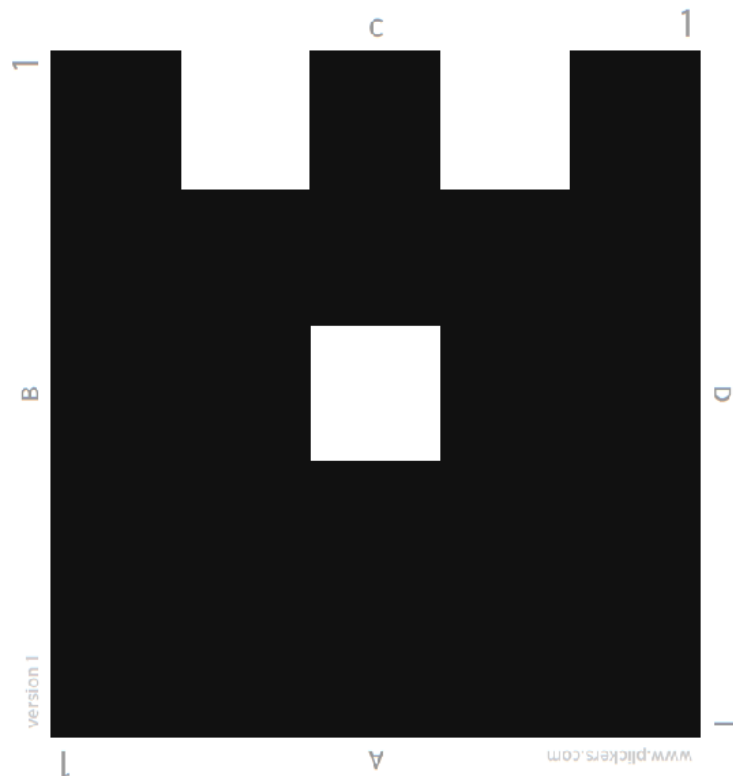
Figura 8: Cartão resposta número 1.



Fonte: <http://www.plickers.com>

O estudante após resolver a questão, deve apresentar a resposta girando o cartão de modo que a letra correspondente a opção desejada esteja projetada pra cima. Por exemplo, caso o estudante do cartão resposta número 1, em determinada questão, tenha escolhido o item “C” como resposta, o mesmo deve girar o cartão projetando a letra “C” para cima. A figura 9 representa a escolha pela opção pela letra “C” no cartão de resposta número 1.

Figura 9: Letra C como resposta no cartão número 1.



Fonte: <http://www.plickers.com>

No momento da aplicação da avaliação, após a distribuição dos cartões resposta dos os alunos, o professor deve selecionar no site do Plickers (web) a opção “live view” e posteriormente selecionar na versão móvel do aplicativo do seu smartphone a questão que ele deseja exibir. A partir desse ponto, a questão escolhida pelo professor será mostrada na tela do seu computador e com o auxílio de um Datashow ele pode projetá-la para a turma. A figura 10 traz um exemplo de como a questão é exibida através do aplicativo para os alunos em sala.

Figura 10: Exemplo de questão exibida pelo Plickers.

DEMONSTRAÇÃO - TURMA 2022

De acordo com o estudo sobre as Leis Ponderais, quando fizermos reagir completamente, em ambiente fechado, 1,12g de ferro com 0,64g de enxofre, a massa, em gramas, de sulfeto de ferro obtida será de: (Dado: Fe=56 g/mol; S=32 g)

$$\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$$

A 1,28 B 1,76
C 2,24 D 2,76

ALUNO A
ALUNO B
ALUNO C
ALUNO D
ALUNO E
ALUNO F
ALUNO G
ALUNO H
ALUNO I
ALUNO J

Fonte: Autor

O professor utilizando o aplicativo instalado no seu dispositivo móvel, habilita a câmera e realiza a leitura (reconhecimento óptico) dos códigos dos cartões de cada aluno. Automaticamente essas informações são enviadas para o banco de dados do site e o professor pode ter acesso instantâneo ao desempenho dos estudantes na questão realizada, como pode ser observado na figura 11.

Figura 11: Desempenho dos alunos (60% de acertos).

Em reprodução Procurar

Novo conjunto
Recente
Sua biblioteca
Relatórios
Folha de pontuação...

Suas classes
● DEMONSTRAÇÃO - T...
● INTERACTIVO - 2ª SÉ...
● TESTE - PI
Nova classe

Novo pacote

De acordo com o estudo sobre as Leis Ponderais, quando fizermos... 60%

● DEMONSTRAÇÃO - TURMA 2022

Segunda-feira, 14 de novembro, 18h02

Opção	Resposta	Quantidade de Alunos
A 1,28	ALUNO C	1
B 1,76	ALUNO A, ALUNO D, ALUNO E, ALUNO G, ALUNO I, ALUNO J	6
C 2,24	ALUNO F, ALUNO H	2
D 2,76	ALUNO B	1

Fonte: Autor

4.1 Contexto da Pesquisa e Participantes

A pesquisa foi realizada no primeiro semestre letivo de 2022 em uma escola da rede privada, Colégio e Curso Interactivo, situado no município de Seropédica – RJ, com uma turma de dezoito alunos do segundo ano do Ensino Médio, com idade média de 15-16 anos. Todas as aulas foram planejadas e executadas pelo professor da turma, que é discente de mestrado. Um ponto motivador para a escolha desta turma deve-se ao fato que o conteúdo de cálculo estequiométrico, eixo desse trabalho de pesquisa, pela grade curricular da escola, deve ser trabalhado no último trimestre do primeiro ano do Ensino Médio. Entretanto, com as restrições impostas pela pandemia do COVID-19, não foi possível concluir em 2021 o conteúdo programado com os estudantes dessa turma no primeiro ano. Diferente do ano letivo de 2020 onde a escola ofereceu apenas o ensino remoto, no ano letivo de 2021 o colégio disponibilizou o ensino híbrido, com número reduzido de alunos em sala de aula no modo presencial. Mesmo a escola possuindo salas de aula adequadas e todas as ferramentas tecnológicas necessárias, como internet, computador, caixa de som, câmera e Datashow, as aulas transmitidas ao vivo não permitiram o mesmo andamento do conteúdo programático. A cada encontro semanal, diversos obstáculos precisaram ser superados, sendo o mais frequente a interrupção ou redução do sinal da internet dos alunos que estavam em casa ou da própria instituição de ensino durante a transmissão das aulas, gerando desde uma queda na qualidade do áudio e vídeo até a completa interrupção da transmissão. Todas as dificuldades vivenciadas exigiram um grande empenho de todos, pais, diretores, coordenadores e principalmente professores e alunos. No início do ano letivo de 2022, o novo conteúdo programático da segunda série do Ensino Médio foi posto em prática. O material didático adotado pela instituição, de acordo com a grade curricular, não contemplava o conteúdo relacionado à estequiometria. Devido a esse fato, aliado a baixíssima motivação dos alunos, que vinham praticamente de dois anos de ensino remoto/híbrido, a aplicação da metodologia PI ocorreu de forma voluntária, no contraturno das atividades regulares, em um total de três aulas com duração aproximada de 1h e 40 minutos cada encontro, sem qualquer ônus para os participantes. Todas as etapas e atividades desenvolvidas nesse trabalho de pesquisa estão descritas a seguir.

4.2 Primeira fase da pesquisa

A primeira fase teve início no primeiro semestre de 2021 e foi voltada para o planejamento da pesquisa e delineamento das estratégias de trabalho, a partir do levantamento e estudo sobre os conceitos relacionados à estequiometria e metodologias ativas, acompanhado de uma revisão bibliográfica específica sobre o PI. O público-alvo foi definido no início do ano letivo de 2022. A escolha do Colégio e Curso Interactivo ocorreu devido ao fato da instituição possuir as ferramentas tecnológicas adequadas e um ambiente desejável para a realização do trabalho de pesquisa. Além disso, cabe destacar o total apoio e anuência da coordenação e direção da escola, concedendo a autonomia necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

Tendo em vista os desafios enfrentados pelos alunos no ano letivo 2021 e o baixo rendimento dos mesmos, a implementação da sala de aula invertida (*flipped classroom*) foi pensada como um agente motivador, mudando o formato das aulas tradicionalmente aplicadas. Os principais temas que os estudantes necessitam dominar previamente e que estão relacionados ao conteúdo do cálculo estequiométrico foram selecionados e viraram tema das aulas gravadas.

As videoaulas foram gravadas em ambiente adequado pelo próprio pesquisador com o programa OBS Studio, utilizando-se um notebook, uma câmera externa específica e uma mesa digitalizadora. Posteriormente, as mesmas foram editadas no programa Adobe Premiere Pro. A tabela 3 apresenta a sequência dos assuntos abordados em cada videoaula.

Tabela 3: Videoaulas.

VIDEOAULA	TEMA
1 ^a	Balanceamento de equações Parte I
2 ^a	Balanceamento de equações Parte II
3 ^a	Relações Numéricas I
4 ^a	Relações Numéricas II
5 ^a	Estequiometria – Caso Geral I

6 ^a	Estequiometria – Caso Geral II
7 ^a	Estequiometria – Pureza I
8 ^a	Estequiometria – Pureza II
9 ^a	Estequiometria – Rendimento I
10 ^a	Estequiometria – Rendimento II
11 ^a	Estequiometria – Reagente em excesso

Fonte: Autor

Optou-se por videoaulas curtas, com duração média de 6-12 minutos, pois o objeto é reter a máxima atenção dos alunos, visto que os mesmos atualmente apresentam um interesse cada vez menor por vídeos de longa duração. Para a hospedagem das videoaulas, foi utilizada a ferramenta de mídia digital YouTube, lançada em junho de 2005 e amplamente conhecida. Burgess e Green (2009) contextualizam a ideia de que o YouTube se insere na política de cultura popular participativa, e ainda descrevem como essa ferramenta tornou-se a maior aglutinadora de mídia popular e empresarial de massa na internet no início do século XXI.

Veen e Vrakking (2009), afirmam que o YouTube é uma ferramenta importante para a transição da escola tradicional para a escola moderna, onde a fonte de conhecimento não se limita ao espaço físico abarcando um leque de possibilidades.

De acordo com Carvalho e Gonçalves (2000), a utilização do vídeo traz a emoção e a sensibilidade do aluno a tona, pois, as imagens tornam-se mais vividas e falam por si só, exaltando assim, a reflexão crítica do que está sendo observado.

A partir da criação de um canal² no Youtube pelo pesquisador, foram gerados links de acesso às videoaulas permitindo o compartilhamento das mesmas.

² <https://www.youtube.com/channel/UC1avPTbg9bePelo7cNEJNnA/featured>

A figura 12 exibe o layout da videoaula compartilhada no Youtube.

Figura 12: Layout da Videoaula (YouTube).



Fonte: Autor

4.3 Segunda fase da pesquisa

A segunda fase foi marcada pelos encontros presenciais. Foram realizados três encontros, um a cada semana, ao longo do mês de maio do ano letivo 2022, com duração aproximada de 1h e 40 minutos sendo equivalente a dois tempos de aula de 50 minutos. A abordagem utilizada durante os encontros será descrita separadamente, pois cada momento apresentou características próprias.

4.3.1 Aula 1: Implementando o *Peer Instruction*

A primeira aula presencial ocorreu no dia 13 de maio e teve como objetivo apresentar para os alunos a proposta da atividade e as estratégias que seriam utilizadas ao longo do processo. Por não possuir uma obrigatoriedade, a participação foi totalmente voluntária, o primeiro convite foi feito para todos os 24 alunos matriculados na turma durante o período normal de aula (turno da manhã), dias antes do primeiro encontro presencial. Como a proposta metodológica só poderia ser aplicada no contraturno devido à grade de aulas da escola, seis alunos indicaram logo após o convite que não poderiam participar da atividade pois já tinham compromissos individuais, como curso de língua estrangeira, atividades esportivas e outros. Mesmo sabendo da negativa desses seis alunos, o professor reforçou o convite, não descartando-os totalmente, deixando em aberto a participação desses estudantes caso conseguissem disponibilidade e desejassem participar.

O primeiro encontro presencial foi realizado com a participação de 18 alunos. Inicialmente foi aplicado um questionário diagnóstico (Anexo 1) composto por oito perguntas fechadas com objetivo de verificar se os mesmos possuíam as ferramentas tecnológicas e condições necessárias para o desenvolvimento da atividade, buscando-se também levantar os conhecimentos básicos prévios dos estudantes sobre metodologias ativas.

Para auxiliar a comunicação entre o pesquisador e os alunos, assim como permitir que a disponibilização das atividades fosse realizada da melhor forma possível, foi solicitado a criação de um grupo no aplicativo WhatsApp, onde todos aceitaram participar. O grupo criado contava também com a participação da coordenadora da escola, que ficou ciente de todas as informações inseridas e mensagens postadas durante o período das atividades.

Sanadas as dúvidas sobre os pontos mais relevantes relacionados ao andamento do trabalho de pesquisa, o professor através do grupo do WhatsApp compartilhou os links das videoaulas que seriam trabalhadas no segundo encontro presencial. Para cada videoaula também foi gerado um QR Code (Anexo 2) específico, sendo disponibilizado para os estudantes como forma alternativa de acesso.

Na tabela 4 estão descritos todos os links de acesso às videoaulas.

Tabela 4: Links de acesso às Videoaulas.

VIDEOAULA	ACESSO
1 ^a	https://youtu.be/TxlxeVe_ZJg
2 ^a	https://youtu.be/2JaFRj8JLZY
3 ^a	https://youtu.be/0ybkAoNvCio
4 ^a	https://youtu.be/iXePwMQUVxA
5 ^a	https://youtu.be/wQXMUgYI3N4
6 ^a	https://youtu.be/e1ApkJFW8Ko
7 ^a	https://youtu.be/BTlxVdrf9ok
8 ^a	https://youtu.be/zVWwfDpuzDg
9 ^a	https://youtu.be/yzFavUcFzWY
10 ^a	https://youtu.be/7eQeugcqXAg
11 ^a	https://youtu.be/tQIBjVJtgw0

Fonte: Autor

Cabe ressaltar que os links descritos acima não foram postados de uma única vez no grupo do WhatsApp. A tabela 5 exhibe o roteiro sobre como os questionários/videoaulas/testes conceituais foram utilizados, de acordo com a proposta da metodologia PI.

AULA 1	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do questionário diagnóstico. • Disponibilização das videoaulas: 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a.
AULA 2	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos Testes Conceituais. • Disponibilização das videoaulas: 7^a, 8^a, 9^a, 10^a e 11^a.
AULA 3	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos Testes Conceituais. • Aplicação do questionário de opinião.

Tabela 5: Roteiro das aulas presenciais.

Fonte: Autor

4.3.2 Aula 2: Estequiometria – Casos Gerais

A segunda aula presencial ocorreu no dia 20 de maio caracterizando o primeiro dia de aplicação dos Testes Conceituais. Dos dezoito alunos presentes no primeiro encontro dez alunos confirmaram presença e compareceram de fato para a realização da atividade na segunda aula. A confirmação dos participantes é uma etapa importante pois permite que o professor faça previamente o cadastro da turma no site Plickers com o quantitativo exato de alunos.

Figura13: Alunos cadastrados na Aula 2.



COLÉGIO INTERACTIVO - 2ª SÉRIE

Students

+ Quick Add Student Add Students Print Class Roster ...

FIRST NAME ^	LAST NAME ^	CARD NO ^
ADRIANO		1
ANA B		2
ANNA		3
JOÃO		4
JOÃO P		5
LYRIEL		6
WITTÓRIA		7
YAGO		8
NATHANI		9
GABRIELA		10

Fonte: Autor

Até o presente momento, os alunos ainda não tinham conhecimento da ferramenta tecnológica Plickers que seria utilizada para a coleta de dados. Portanto, no início da aula foi reservado um tempo de aproximadamente 10 minutos para que o professor distribuísse os cartões resposta e explicasse todas as instruções necessárias de manuseio, garantindo assim a exatidão dos dados coletados.

Afim de verificar a familiarização dos estudantes com o cartão resposta, foram propostas três questões “teste” que estão descritas na figura 14.

Figura14: Questões “teste” (Plickers).

Em qual Estado fica a sua escola?	Em qual série será aplicada a atividade de química?	Em qual ano está sendo aplicada a atividade?
<input type="radio"/> A SP	<input type="radio"/> A 9º ano	<input type="radio"/> A 2019
<input type="radio"/> B RJ	<input type="radio"/> B 1ª série	<input type="radio"/> B 2020
<input type="radio"/> C ES	<input type="radio"/> C 2ª série	<input type="radio"/> C 2021
<input type="radio"/> D MG	<input type="radio"/> D 3ª série	<input type="radio"/> D 2022

Fonte: Autor

Após obter a confirmação de que todos os estudantes tinham compreendido a maneira correta de manusear o cartão reposta, o professor deu início ao segundo momento desse encontro presencial. Antes de iniciar a aplicação dos TC, o pesquisador buscou verificar, através de um quizz, o nível de comprometimento dos alunos para assistir as videoaulas. A figura 15 exibe a primeira parte desse quizz.

Figura15: Quizz – Aula 2 (Plickers).

Com relação às videoaulas, você assistiu:	Com relação aos conteúdos abordados nas videoaulas, você estudou:
<input type="radio"/> A Nenhuma ou quase nenhuma.	<input type="radio"/> A Nada ou quase nada.
<input type="radio"/> B Metade do conteúdo.	<input type="radio"/> B Metade do conteúdo.
<input type="radio"/> C Todas ou quase todas.	<input type="radio"/> C Tudo ou quase tudo.
<input type="radio"/> D Prefiro não opinar.	<input type="radio"/> D Prefiro não opinar.

Fonte: Autor

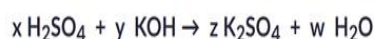
Na maior parte das videoaulas, nos minutos finais, o professor sugere a realização de uma questão presente na mesma, propondo aos estudantes uma “pausa no vídeo” para que eles tentem resolver o exercício sobre o tema assistido. A realização da questão proposta, assim

como a assimilação e compreensão dos conteúdos abordados também foram alvos de sondagem desse quizz. A figura 16 exibe as perguntas utilizadas.

Figura16: Quizz - Continuação – Aula 2 (Plickers).

Com relação às questões propostas nas videoaulas, você tentou fazer:

Os coeficientes x, y, z e w que tornam a equação abaixo devidamente balanceada são, respectivamente:



Considerando as relações numéricas, calcule a massa presente em 2 mol de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

(Massa molar em g/mol: C = 12 ; O = 16; H = 1)

- A Nenhuma.
- B Metade.
- C Todas.
- D Prefiro não opinar

- A 2, 3, 2, 3
- B 1, 2, 1, 2
- C 3, 2, 1, 3
- D 1, 3, 2, 5

- A 180 g
- B 360 g
- C 420 g
- D 560 g

Fonte: Autor

Superado esse segundo momento de verificação, os alunos presentes deram início a realização dos TC. Foram aplicados quatro TC dos cinco programados para a aula 2, abordando os casos gerais do cálculo estequiométrico. As figuras 17 e 18 exibem as questões (TC) que foram empregadas nessa etapa da pesquisa.

Figura17: 1º e 2º TC – Aula 2 (Plickers).

1

O óxido de alumínio é capaz de reagir com o ácido clorídrico de acordo com a reação abaixo:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

A partir da adição de 5 mol de óxido de alumínio, quantos mol de ácido clorídrico são consumidos?

- A 5 mol
- B 15 mol
- C 30 mol
- D Não consegui fazer

2

Calcule a massa de amônia (NH_3) formada na reação de síntese, sabendo que foram empregados 12 mol de H_2 .

(Massa molar em g/mol: N = 14 ; H = 1)

$$\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g})$$

- A 68 g
- B 136 g
- C 204 g
- D Não consegui fazer

Fonte: Autor

Figura18: 3º e 4º TC – Aula 2 (Plickers).

<p>Determine a massa, em gramas, de sulfato de sódio (Na_2SO_4) que será formada quando 240 g de hidróxido de sódio (NaOH) for completamente consumido na reação de neutralização. (Massa molar em g/mol: Na = 23 ; O = 16; H = 1; S = 32)</p> $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>A 426 g B 520 g C 852 g D Não consegui fazer</p>	<p>Calcule o número de moléculas de gás hidrogênio que serão formadas quando 438 g de ácido clorídrico reagirem completamente na reação abaixo.</p> $\text{Fe} + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ <p>A $2,4 \times 10^{20}$ moléculas B $3,6 \times 10^{24}$ moléculas C $4,5 \times 10^{27}$ moléculas D Não consegui fazer</p>
---	---

Fonte: Autor

Ao final da aula, foi compartilhado pelo professor a partir do grupo do WhatsApp os links das últimas cinco videoaulas que seriam trabalhadas no terceiro encontro.

4.3.3 Aula 3: Estequiometria – Casos Especiais envolvendo pureza, rendimento, reagente em excesso e limitante

A terceira aula presencial ocorreu no dia 27 de maio caracterizando o segundo dia de aplicação dos Testes Conceituais e o encerramento das atividades. No início da aula, a dinâmica para verificar o nível de comprometimento dos alunos com o novo ciclo de videoaulas, a compreensão dos conteúdos e a realização das questões propostas foi feita novamente através de um quizz. Posteriormente, o professor deu início ao segundo ciclo de aplicação dos TC.

O primeiro TC aplicado neste dia ainda estava vinculado com o conteúdo das videoaulas do encontro anterior, os estudantes iniciaram respondendo o quinto TC que ficou pendente da aula 2. Porém, a terceira aula foi marcada pela aplicação dos TC voltados para os casos especiais de estequiometria que envolvem: pureza dos reagentes, rendimento e reagente em excesso e limitante. As figuras 19 e 20 exibem as questões (TC) sobre os casos especiais que foram empregadas nessa etapa da pesquisa.

Figura 19: 1º, 2º e 3º TC – Aula 3 (Plickers).

1

Determine a massa de gás nitrogênio (N₂) formada, quando são empregados 20 mol de amônia (NH₃), considerando um rendimento de 80% para a reação abaixo.
(Dado O = 16 g/mol; N = 14 g/mol ; H = 1 g/mol)

$$4 \text{ NH}_3 + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$$

A 160 g
 B 280 g
 C 224 g
 D Não consegui fazer

2

Calcule o volume de gás carbônico formado, nas CNTP, a partir da queima de 920 g de etanol (C₂H₆O), considerando um rendimento de 50% para a reação.
(Massa molar: C₂H₆O = 46 g/mol)

$$\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

A 448 L
 B 896 L
 C 940 L
 D Não consegui resolver

3

Quantos mol de CO₂ serão formados na reação abaixo, a partir de uma amostra de 1060 g de Na₂CO₃ com apenas 20 % de pureza?
(Massa molar: Na₂CO₃ = 106 g/mol)

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ NaHSO}_3 + \text{CO}_2$$

A 1,5 mol
 B 2 mol
 C 3,5 mol
 D não consegui fazer

Fonte: Autor

Figura 20: 4º e 5º TC – Aula 3 (Plickers).

4

Qual será a massa de CO obtida na reação, a partir de uma amostra de 100 g Fe₂O₃ (hematita) com 80% de pureza?
(Massa molar: Fe₂O₃ = 160 g/mol ; CO = 28g/mol)

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ C} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}$$

A 8 g
 B 10,5 g
 C 42 g
 D Não consegui fazer

5

Uma das formas de obtenção de amônia gasosa está representada a seguir:
 $\text{CaO}_{(s)} + 2 \text{ NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow 2 \text{ NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{CaCl}_2_{(s)}$

Sabendo que foram empregados 112 g de óxido de CaO e 318 g de NH₄Cl, qual será a massa de amônia produzida? (Dados: CaO = 56 g/mol; NH₄Cl = 53 g/mol ; NH₃ = 17 g/mol)

A 68 g
 B 102 g
 C 320 g
 D Não consegui fazer

Fonte: Autor

Ao final da aula foi aplicado um questionário de opinião (Anexo 3) composto por 10 perguntas fechadas e 2 abertas simbolizando o encerramento das atividades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Primeira e segunda fase da pesquisa

Os resultados e discussões terão como foco principal a segunda fase da pesquisa, etapa marcada pelos encontros presenciais onde os Testes Conceituais foram aplicados. Os dados e informações relevantes relacionados à primeira fase da pesquisa, por estarem vinculados ao questionário de opinião, serão descritos na mesma seção das discussões da aula 3. Os resultados e discussões, para proporcionar melhor clareza e compreensão, serão apresentados na mesma sequência das aulas do capítulo da metodologia.

5.2 Aula 1: Implementando o Peer Instruction

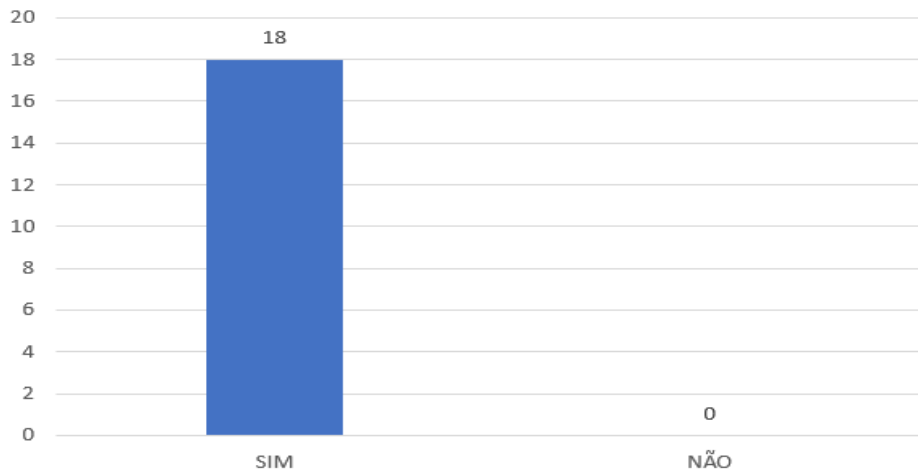
Um dos objetivos principais da primeira aula foi apresentar a atividade, despertar a motivação e tentar promover o engajamento dos alunos na realização do trabalho. O tema estequiometria quando citado em sala de aula, geralmente por si só, já provoca uma grande repulsa e desinteresse na maior parte dos alunos, pois a maioria considera um assunto muito difícil de ser aprendido.

O questionário diagnóstico foi aplicado para verificar se os alunos possuíam as ferramentas tecnológicas necessárias à realização da atividade assim como levantar as concepções prévias dos mesmos sobre métodos ativos de aprendizagem.

Conforme Paulo Freire propõe, o respeito ao conhecimento prévio que o educando possui é de fundamental importância, para que se possa propor, e nunca impor, o que, e como será desenvolvido o trabalho em sala de aula (MARQUES *et al.*, 2006).

Os 18 alunos presentes no primeiro encontro responderam ao questionário diagnóstico. A primeira pergunta identificou que todos os estudantes possuíam acesso à internet, como pode observado na figura 21.

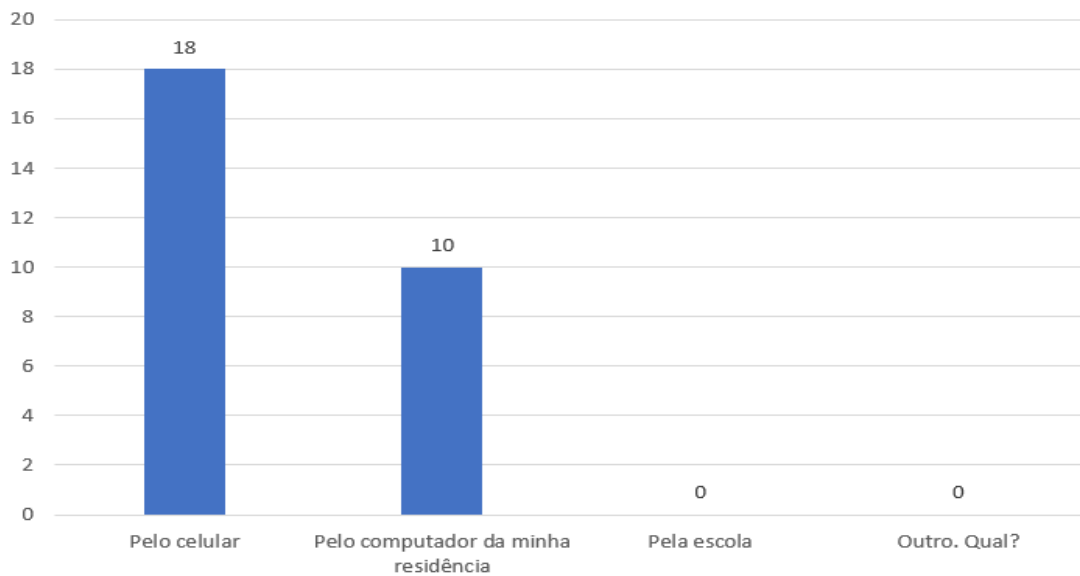
Figura 21: Acesso à internet.



Fonte: Autor

A segunda pergunta buscou identificar os principais meios de acesso à internet, sendo permitido marcar mais de uma opção. As respostas obtidas indicaram que o celular e o computador de casa são os principais meios, como visto na figura 22.

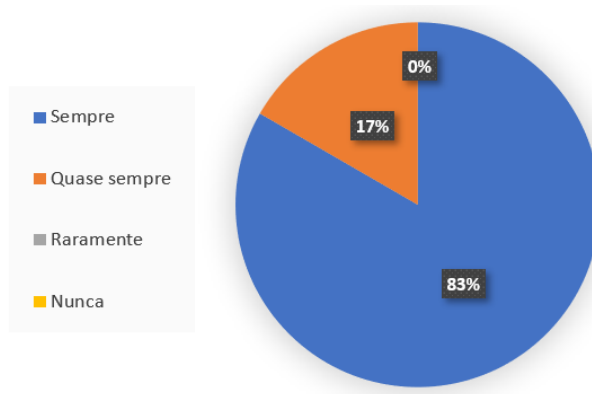
Figura 22: Meios de acesso à internet.



Fonte: Autor

Posteriormente os alunos deveriam informar a frequência com que utilizavam a internet. A figura 23 demonstra que mais de 80% usam sempre a internet.

Figura 23: Frequência de utilização da internet.



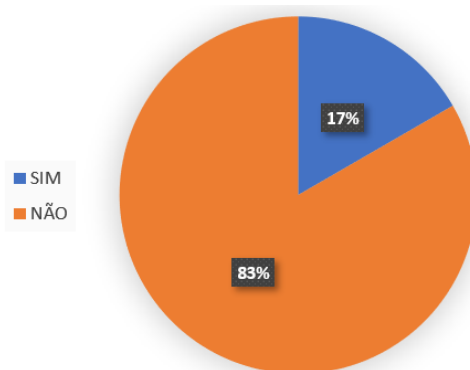
Fonte: Autor

Cabe ressaltar que a análise dessas três perguntas iniciais foi realizada pelo professor logo após ao término da aplicação do questionário diagnóstico, durante a aula, tendo em vista a necessidade dessas informações para dar andamento ao processo.

A partir desse ponto o professor constatou que as ferramentas tecnológicas não seriam um empecilho para a realização da atividade. Todos os alunos apresentavam as condições necessárias para que a aula pudesse ser invertida de acordo com a metodologia.

A quarta pergunta foi destinada à verificação do conhecimento básico e prévio dos estudantes sobre aprendizagem híbrida. A figura 24 mostra que apenas 17% já ouviram falar.

Figura 24: Alunos que já ouviram falar sobre aprendizagem híbrida.

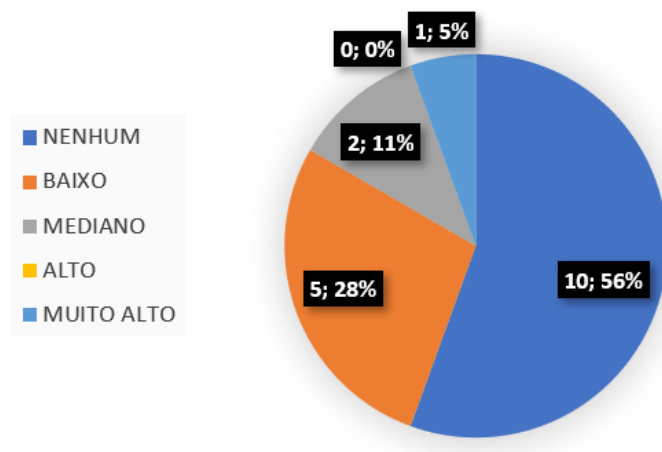


Fonte: Autor.

Na sequência os alunos foram perguntados sobre o nível de entendimento sobre o método sala de aula invertida. Como visto na figura 25, 84% dos alunos afirmaram apresentar

nenhum ou baixo conhecimento sobre o assunto. Apenas 1 aluno respondeu ter um nível muito alto sobre o *flipped classroom*.

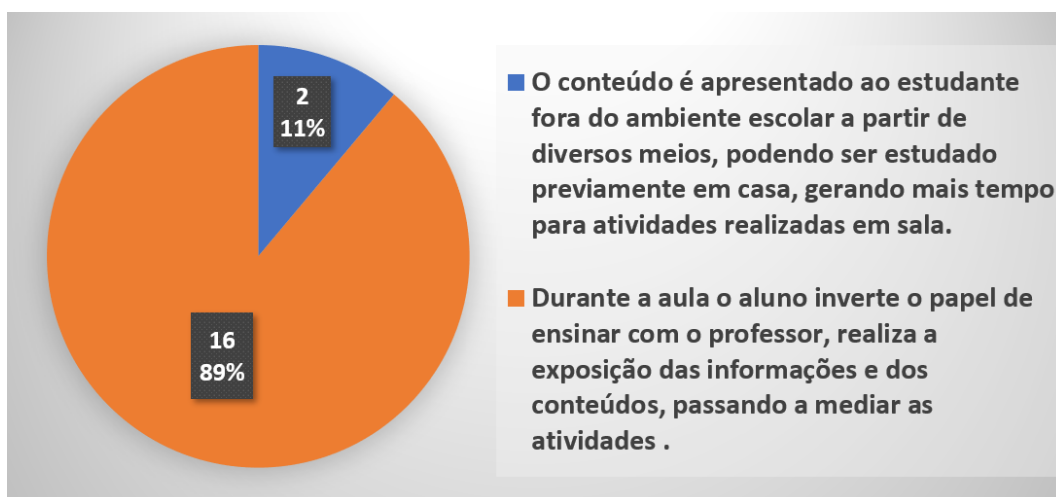
Figura 25: Nível de conhecimento sobre aula invertida.



Fonte: Autor

A sexta pergunta buscou saber se os alunos tinham a concepção correta sobre o que é a sala de aula invertida. A figura 26 exibe as respostas obtidas.

Figura 26: Concepção sobre sala de aula invertida.



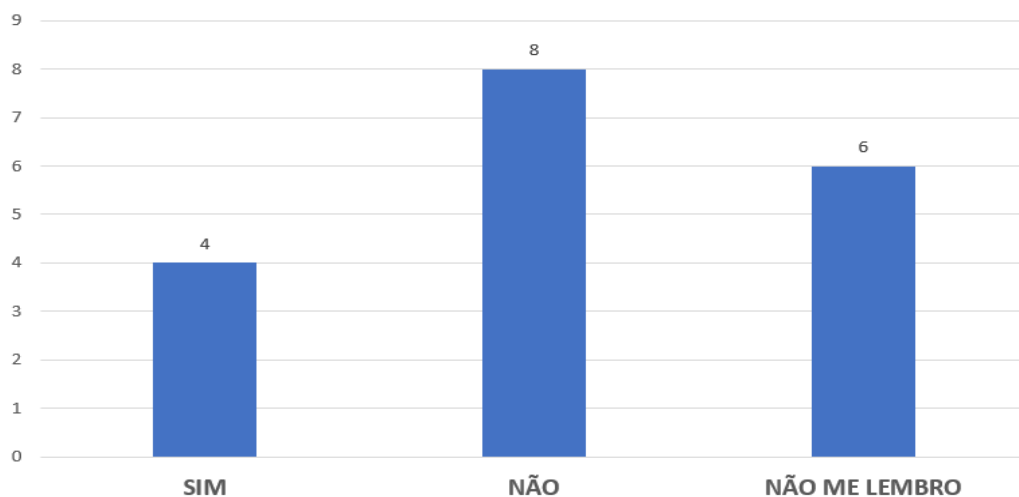
Fonte: Autor

Quase 90% dos alunos apresentaram uma concepção equivocada sobre a aula invertida. Curiosamente o único aluno que afirmou apresentar um nível de conhecimento muito alto sobre o tema estava equivocado, pois fez parte dos 89% de concepções erradas.

Após a sexta pergunta, o professor solicitou aos alunos uma pausa na realização do questionário para que fosse feita uma explanação sobre o conceito de sala de aula invertida. Em

seguida os alunos responderam as duas últimas perguntas. Na figura 27 foi perguntado se os estudantes ao longo da trajetória participaram de alguma atividade com aula invertida.

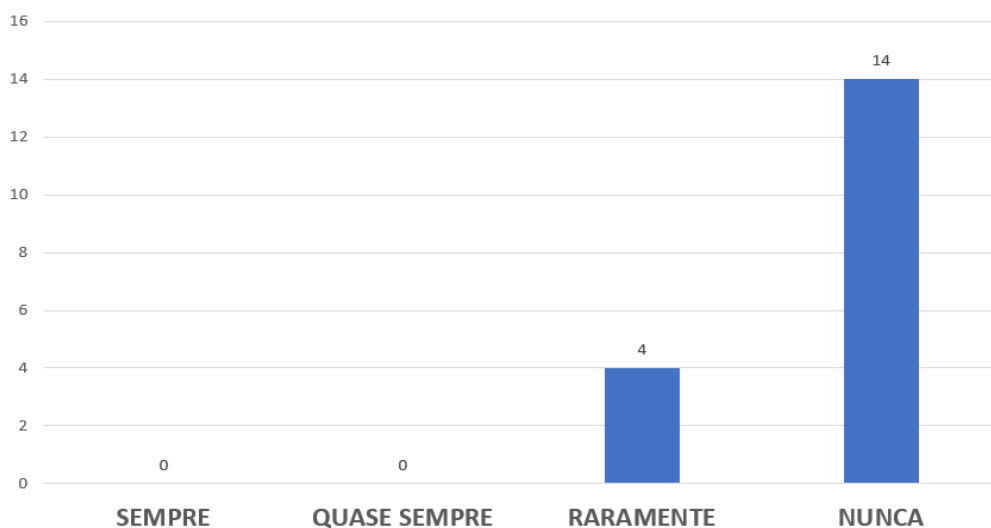
Figura 27: Participação em atividades com aula invertida (trajetória acadêmica).



Fonte: Autor

Na figura 28 foi perguntado sobre a frequência que a sala de aula invertida vinha sendo utilizada na escola considerando o ano letivo de 2022.

Figura 28: Professores utilizam a aula invertida.



Fonte: Autor.

Esse momento de resposta das duas últimas perguntas, no final da primeira aula, foi muito relevante, pois houve uma grande euforia na turma. Alguns alunos manifestaram suas opiniões em voz alta e isso desencadeou um grande falatório, inicialmente bem tumultuado com alguns alunos mais exaltados saindo em defesa de alguns professores, já que um dos alunos fez o seguinte comentário: “*aqui ninguém faz nada de diferente, é tudo velho, primeira vez que tô vendo isso*”. O professor foi observando e mediando a situação até que aos poucos os ânimos foram se acalmando e o debate continuou ainda por alguns minutos.

Tratando-se de alunos que estão na segunda série do ensino médio, mesmo levando em consideração todos os percalços gerados pela Covid-19, a partir da reflexão dos dados obtidos com as três perguntas anteriores, foi possível perceber como as estratégias que envolvem a aprendizagem híbrida ainda são pouco exploradas.

Segundo Masetto (2015, p. 99):

Assim, entende-se que o termo ‘estratégia’ ou ‘metodologia’ refere-se ao conjunto de todos os meios e recursos que o professor pode utilizar em aula para facilitar a aprendizagem dos alunos. Procurando conceituar de maneira mais formal, pode-se dizer que as estratégias para a aprendizagem constituem-se em uma antes de decidir sobre um conjunto de disposições que favoreçam o alcance dos objetivos educacionais pelo aprendiz, desde a organização do espaço sala de aula com suas carteiras até a preparação do material a ser empregado, como recursos audiovisuais, visitas técnicas, internet etc.

Há total convicção da necessidade de se implementar cada vez mais novas perspectivas no processo de aprendizagem. Após o debate caloroso entre os estudantes o professor finalizou a primeira aula e disponibilizou os links das seis videoaulas iniciais.

5.3 Aula 2: Estequiometria – Casos Gerais

O segundo dia de aula contou com a presença de dez alunos dos dezoito que participaram da primeira aula. A reflexão sobre esse ponto permitiu perceber que um dos principais fatores que justificam essa redução na participação, foi a ausência de nota da

atividade e falta de pontuação na avaliação dos TC. Muitos alunos ainda apresentam uma resistência muito grande quando são solicitados a realizar atividades acadêmicas sem a presença de nota que possa melhorar o seu desempenho escolar. Mesmo o professor enfatizando no primeiro convite para a turma que a atividade seria totalmente voluntária e sem nota, no final da aula 1 alguns alunos ainda realizaram os seguintes questionamentos: “*tá valendo quanto professor?*”; “*tem nota?*”; “*vai valer como AVE?*”.

O AVE, de acordo com o regimento interno da escola, é uma Avaliação Extra, além do teste e da prova, aplicada pelo professor sobre o conteúdo programático que está sendo dado no bimestre, podendo ser uma lista de exercícios em sala, um trabalho de casa ou até mesmo um novo teste. Na AVE o aluno tem a chance de ser bonificado em até 1 ponto. Esse ponto extra é somado diretamente na média bimestral do aluno, despertando sempre um grande interesse. Inicialmente o pesquisador pensou em verificar com a coordenação da escola a possibilidade de realização da atividade como forma de AVE. Entretanto, como o objetivo desta pesquisa é verificar o potencial e os benefícios gerados pelo método ativo PI no processo de aprendizagem de estequiometria, essa possibilidade foi logo descartada pelo professor. A realização da atividade como forma de AVE provavelmente aumentaria o número de participantes, mas reduziria o seu caráter voluntário, o que poderia gerar resultados distorcidos sobre a avaliação da metodologia por parte dos alunos, tendo em vista que muitos poderiam esconder suas reais percepções sobre o método pelo receio de não receberem a pontuação máxima da AVE.

No início do encontro, o professor reforçou para os alunos aspectos importantes sobre a metodologia ativa de aprendizagem que eles estavam participando. A distribuição dos cartões resposta e a apresentação do aplicativo de coleta de dados Plickers como proposta de aula diferenciada, gerou um entusiasmo muito grande nos alunos. Todas as perguntas utilizadas na aula 2 foram feitas com o auxílio do aplicativo Plickers. Os resultados obtidos nas questões “teste” para verificar a familiarização dos alunos com o cartão resposta são mostrados na figura 29.

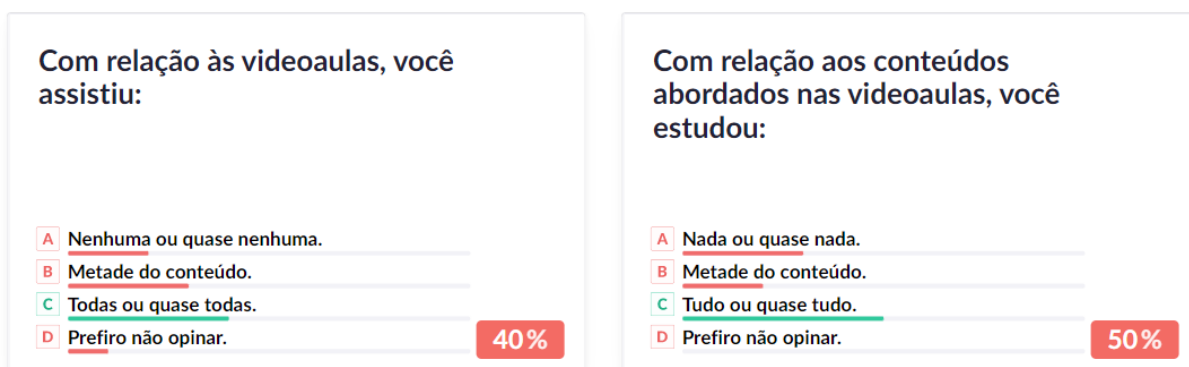
Figura 29: Questões “teste”.



Fonte: Autor

Como todos os alunos demonstraram domínio no manuseio do cartão resposta, o professor deu andamento a aula, com o a aplicação do quizz, verificando inicialmente o nível de comprometimento dos estudantes para assistir as videoaulas e estudar os conteúdos. A figura 30 exhibe os resultados desses questionamentos.

Figura 30: Quizz - Comprometimento dos alunos.

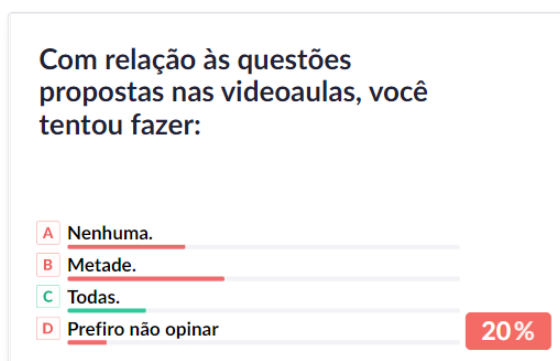


Fonte: Autor

Como pode ser observado, apenas 40% dos alunos atingiram o que era desejado e esperado pelo professor, ou seja, assistiram todas ou quase todas as videoaulas e metade

confirmou ter estudado tudo ou quase tudo sobre os conteúdos das mesmas. Os alunos que não se enquadraram no esperado alegaram principalmente falta de tempo para assistir e estudar os conteúdos ao longo da semana. Na sequência foram perguntados sobre a realização das questões propostas nas videoaulas. A Figura 31 traz os resultados.

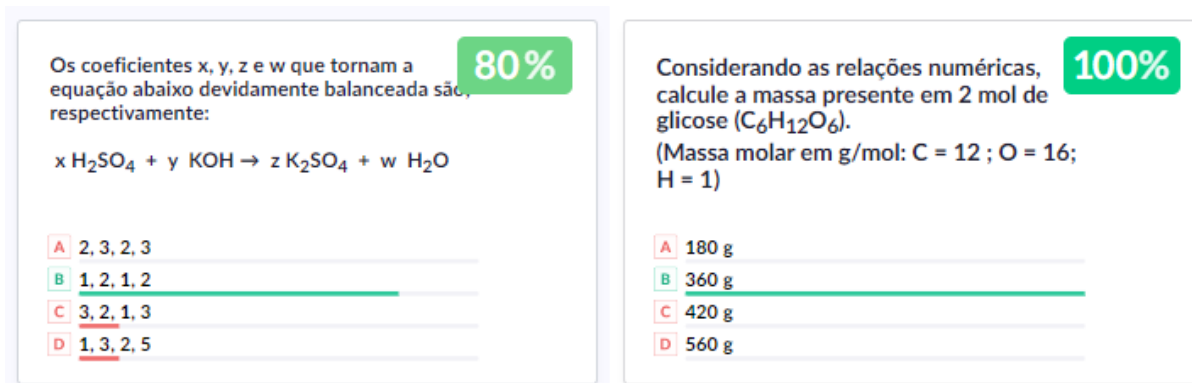
Figura 31: Quizz - Questões propostas nas videoaulas.



Fonte: Autor

Apenas dois alunos tentaram realizar todas as questões propostas, indicando um baixo nível de realização total das tarefas, embora a maioria tenha tentado fazer a metade delas. Posteriormente, para averiguar a compreensão dos alunos foram aplicadas duas questões sobre conceitos prévios utilizados no cálculo estequiométrico. A figura 32 mostra os resultados.

Figura 32: Quizz - Conceitos prévios.



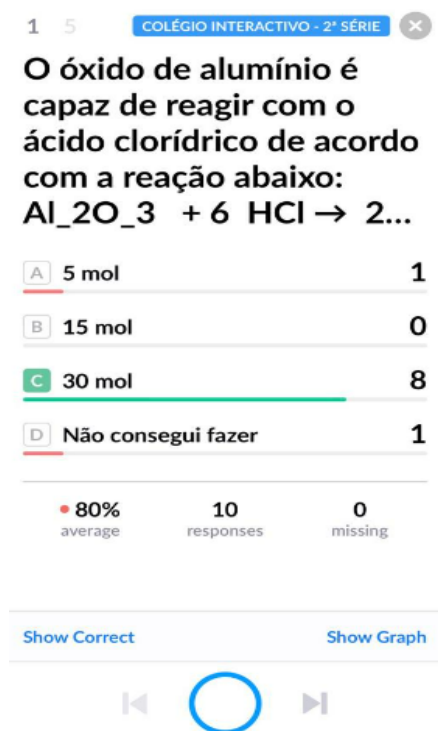
Fonte: Autor

Apesar do engajamento com as videoaulas não ter sido como o esperado, nessa etapa do quizz a maior parte dos estudantes teve êxito com as respostas. Apenas dois alunos equivocaram-se na questão sobre balanceamento de equações. O professor após essa constatação, fez uma explanação sobre o ajuste dos coeficientes da equação mostrando a forma correta para os alunos. Logo após o quizz, o professor deu início a aplicação dos TC

relacionados com os casos gerais de estequiometria. Foi passado para os alunos que eles teriam em média três minutos para a resolução de cada questão, mesmo tempo que eles têm em média para realizar cada item na prova do ENEM. Embora esse tempo tenha sido combinado antes da aplicação dos TC, em vários momentos os alunos solicitaram um tempo maior de resolução, o que foi concedido pelo aplicador visto o empenho dos estudantes em tentar desenvolver as questões.

O primeiro TC abordou a relação (mol x mol) entre os reagentes sendo verificado 80% de acertos dos estudantes. Era necessário o conhecimento básico de nomenclatura inorgânica para identificar as substâncias que deveriam ser relacionadas. Geralmente, os alunos apresentam maior facilidade de resolução em questões que abordam a relação entre mol dos participantes. Outro ponto facilitador foi a equação química já ter vindo balanceada. Como o percentual de acertos superou 70%, de acordo com a metodologia PI, o professor fez um breve comentário e deu seguimento na aplicação. A figura 33 mostra os resultados deste TC.

Figura 33: 1º TC – Aula 2.



Fonte: Autor

A imagem anterior foi obtida através de um “print” da tela do celular do professor. O aplicativo Plickers no dispositivo móvel, dependendo do tamanho da questão, não exibe o

enunciado de forma completa. Esse formato aparece apenas no celular do aplicador e não atrapalha em momento algum a coleta de dados.

O segundo TC cobrou uma relação (mol x massa) entre um reagente e produto. A questão não trazia a equação balanceada e os estudantes demonstraram maior dificuldade na resolução. Na figura 34 são encontradas as respostas dadas.

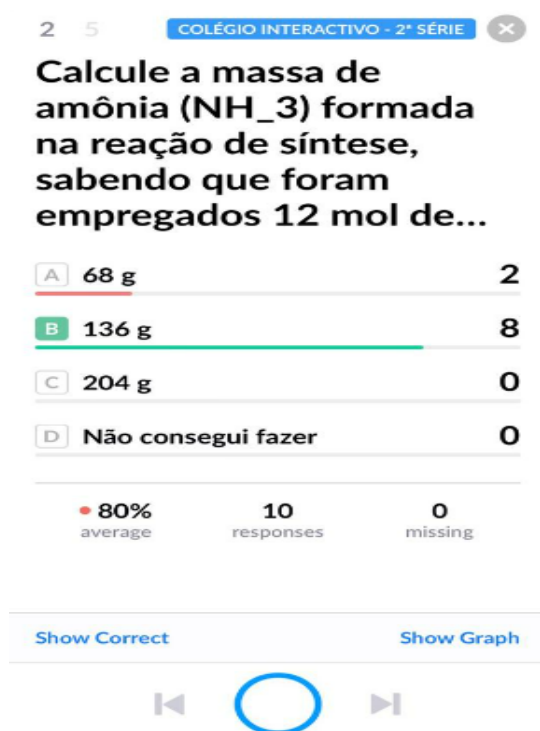
Figura 34: 2º TC – Aula 2.



Fonte: Autor

Como o percentual de acertos foi 40% o professor conduziu os alunos à discussão entre os pares. Cinco duplas foram formadas e foi pedido que eles argumentassem uns com os outros sobre as respostas dadas, justificando suas escolhas e tentando defender cada um o seu ponto de vista. Essa etapa teve uma duração média de 5 – 8 minutos. O professor ia mediando todo o processo e percebeu uma interação e um debate saudável na maioria das duplas. Apenas uma dupla mostrou menor interesse nessa primeira discussão, os alunos aparentavam não saber o que argumentar um com o outro e passaram a maior parte do tempo calados e observando as demais duplas na discussão, mesmo com o incentivo do professor. A partir dessa primeira questão já foi possível observar o potencial da metodologia PI, na segunda votação o nível de respostas corretas subiu para 80% como visto na figura 35.

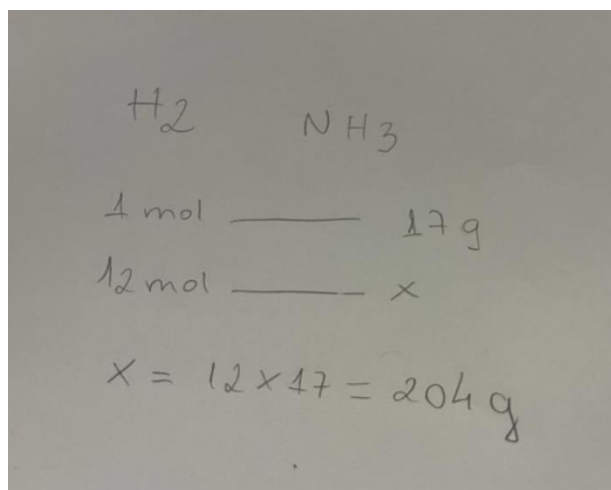
Figura 35: 2ª votação - 2º TC – Aula 2.



Fonte: Autor

Segundo Schell e Mazur (2015, p. 331), quando os testes conceituais são de múltipla escolha, é importante incluir distrações que representam autênticas concepções alternativas dos estudantes. Nesse segundo TC foi observado que três estudantes marcaram a alternativa “C” na primeira votação, não levando em consideração o balanceamento da equação. A figura 36 demonstra a resolução de um desses alunos.

Figura 36: Alternativa “C” - Concepção equivocada - 2º TC – Aula 2.

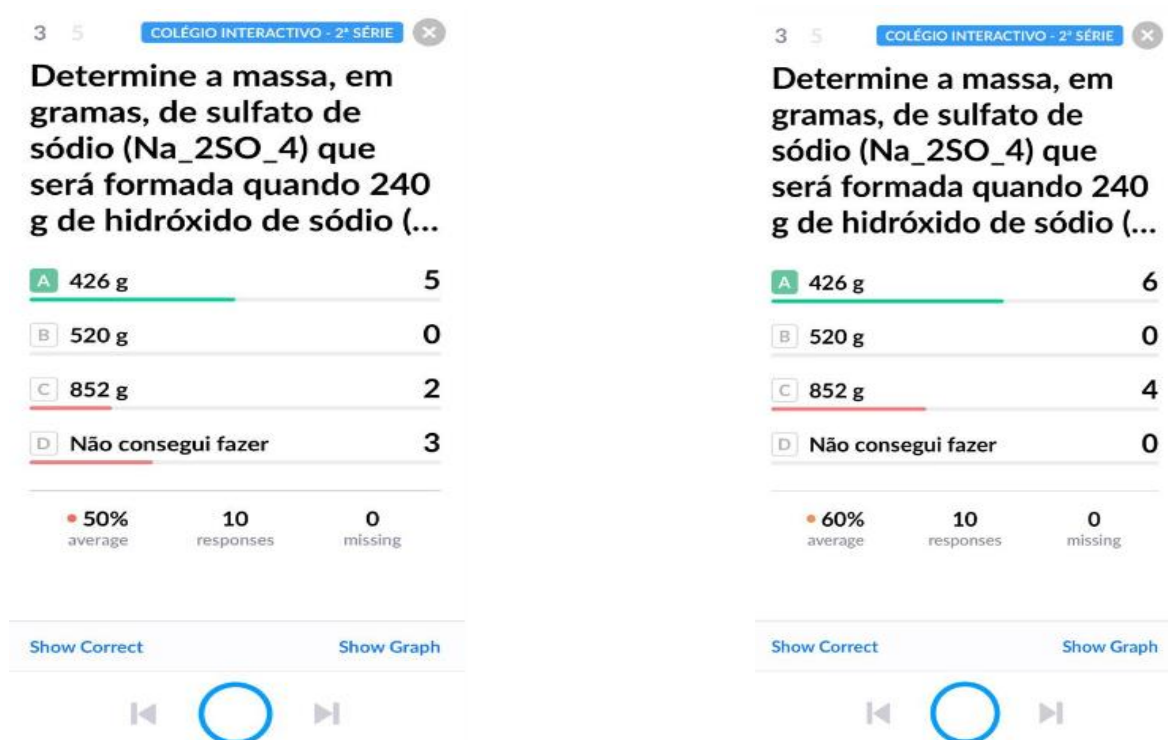


Fonte: Autor

O terceiro TC foi marcado novamente pela discussão entre os pares. A questão cobrava uma relação (massa x massa) entre um reagente e um produto, fornecendo a equação devidamente balanceada. Metade dos alunos acertaram a questão na primeira votação. Esse nível de acertos aumentou para 60% na segunda votação após a instrução por pares, demonstrando mais uma vez o benefício do método PI. Como é solicitado que a cada rodada de discussões entre os pares as duplas sejam renovadas, não foi verificada apatia em nenhuma dupla.

Um ponto interessante nessa discussão observado pelo professor, foi que em uma das duplas um dos integrantes, mesmo contrariado (em sua fala disse: “*eu acho que é a letra A, mas... vou com ela*”), concordou em levantar o cartão com a resposta escolhida pelo seu par. Logo após o professor realizar a leitura dos cartões e mostrar pelo aplicativo a resposta correta do item, esse aluno de forma muito espontânea voltou a se expressar em voz alta dizendo: “*Viu! Não te falei que era A*”. Foi um momento de grande descontração da turma em que todos se sentiram muito confortáveis para manifestar de forma saudável suas opiniões. Mais uma vez o professor pode observar que um dos objetivos principais da metodologia estava sendo alcançado, a interação entre os alunos. A figura 37 traz os resultados obtidos nas duas votações.

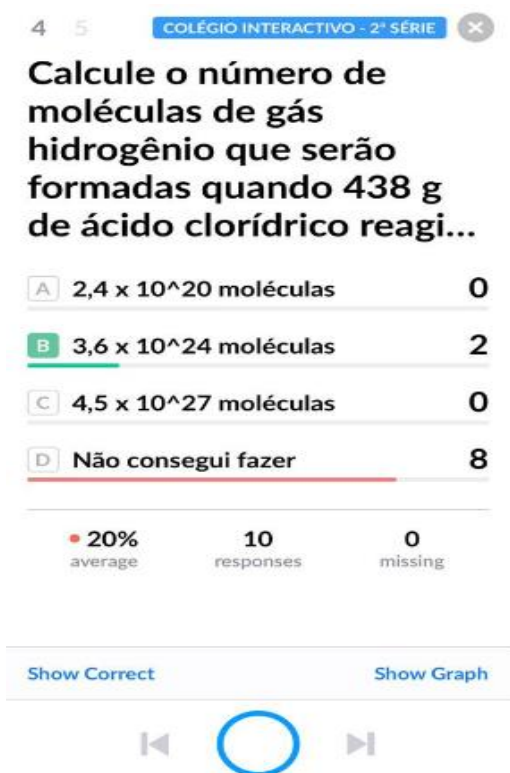
Figura 37: 1ª e 2ª votação - 3º TC – Aula 2.



Fonte: Autor

O último TC da aula 2 abordou uma relação (mol x número de moléculas) entre um reagente e produto. Essa questão apresentou um baixo índice de acertos, apenas 20% dos estudantes chegaram na resposta correta. O professor, seguindo o método PI, não sugeriu a discussão entre os pares, ou seja, fez uma explanação voltando a rever os conceitos com os alunos. Um grande obstáculo que os alunos apresentaram na realização dessa questão foi a parte matemática da mesma, a maioria relatou ter dificuldade para efetuar cálculos com casas decimais e potência. Um ponto positivo visto pelo professor com a leitura dos cartões é que os alunos estavam compreendendo a proposta da metodologia, ninguém tentou chutar, todos que não conseguiram fazer a questão marcaram a opção D. Os resultados obtidos no quarto TC estão exibidos na figura 38.

Figura 38: 4º TC – Aula 2.



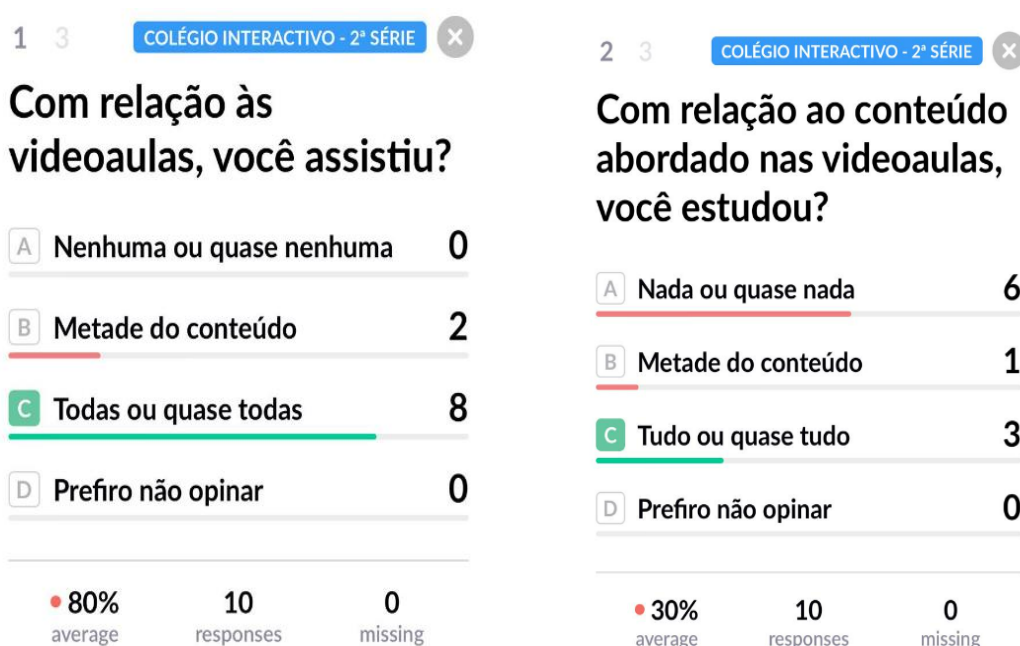
Fonte: Autor

Devido ao tempo não foi aplicado o quinto e último TC previsto previamente. Ao final da aula o professor fez as últimas considerações e disponibilizou no grupo do WhatsApp os links das videoaulas para o terceiro encontro.

5.4 Aula 3: Estequiometria – Casos Especiais envolvendo pureza, rendimento, reagente em excesso e limitante

Os dez alunos que participaram da aula anterior retornaram para o terceiro dia de aula. O quizz aplicado na aula 2 para verificar o nível de comprometimento dos estudantes para assistir as videoaulas e estudar os conteúdos foi novamente desenvolvido. A figura 39 mostra os resultados obtidos com o quizz.

Figura 39: Quizz - Comprometimento dos alunos - Aula 3.

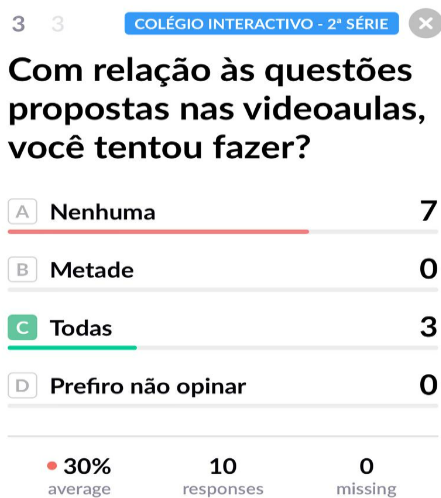


Fonte: Autor

Embora o percentual de alunos que estudaram tudo ou quase tudo tenha sido de 30%, após a leitura desses dados foi possível perceber que 80% dos estudantes assistiram todas ou quase todas as videoaulas elaboradas para esse encontro, ou seja, um aumento de 100% quando comparado a aula anterior, um ponto muito positivo associado à proposta de aula invertida, demonstrando um maior engajamento e a aceitação da aprendizagem híbrida.

Na sequência, quando perguntados sobre a realização das questões propostas nas videoaulas, 30% afirmaram terem feito todas. O resultado está expresso na figura 40.

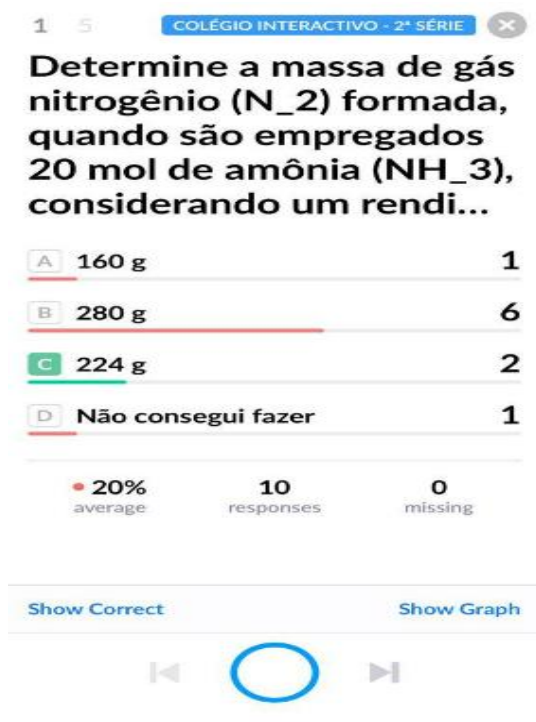
Figura 40: Quiz – Questões propostas nas videoaulas – Aula 3.



Fonte: Autor

No primeiro TC deste encontro os alunos precisavam aplicar o conceito de rendimento. A equação fornecida já estava com os coeficientes ajustados. Foi verificado após votação um nível de acertos de apenas 20%. Vale destacar que 6 alunos tiveram a concepção equivocada da questão, marcando a opção “B”, não levando em consideração o rendimento do processo. A figura 41 traz os resultados.

Figura 41: 1º TC – Aula 3.

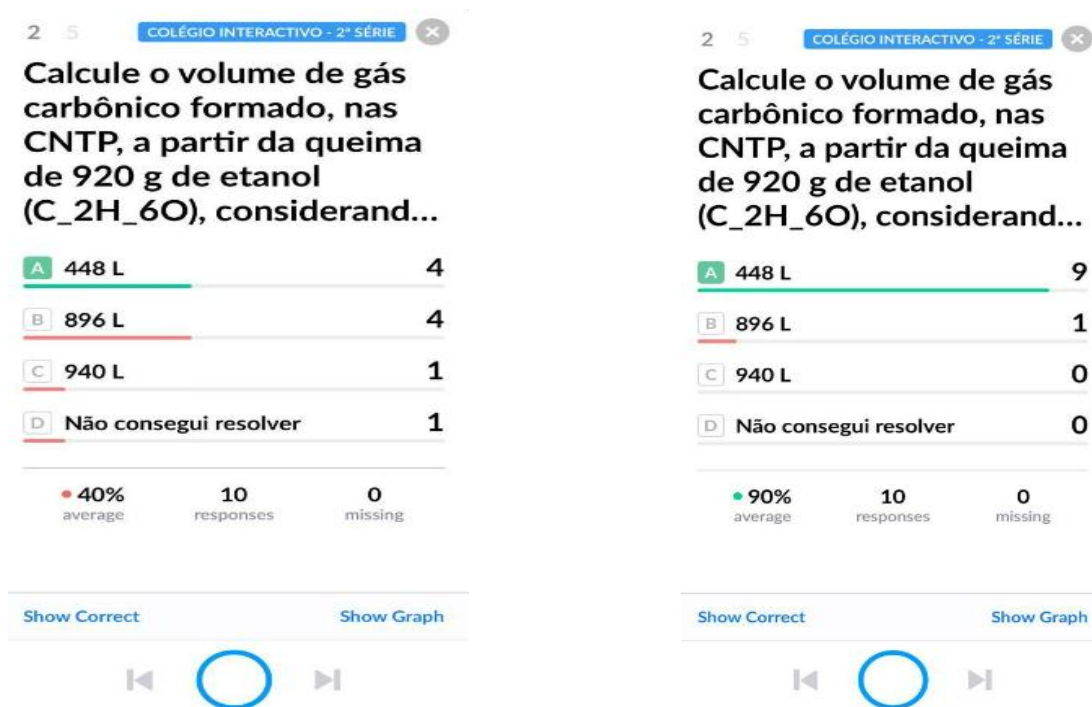


Fonte: Autor

O professor optou então, de acordo com o método PI, por rever os conceitos com os alunos sobre o tema. Essa etapa acabou levando mais tempo que o programado, aproximadamente 20 minutos, houve muita participação dos estudantes, demonstrando grande interesse em compreender o que estava sendo passado. Talvez esse tempo de explanação utilizado pelo professor fosse reduzido se houvesse um empenho maior dos estudantes durante a aula invertida. Provavelmente o baixo nível de estudo e de realização das questões propostas nas videoaulas contribuíram para o resultado neste TC.

O segundo TC abordava o cálculo de volume nas CNTP onde também era preciso aplicar o conceito sobre rendimento. Após a primeira votação já foi possível verificar uma melhora em relação ao TC anterior, com 40% dos alunos acertando a questão. Dessa forma, o professor solicitou que os alunos formassem os pares e dessem início as discussões. Todos demonstravam entusiasmo e empenho durante os debates, tanto que três pares solicitaram mais tempo para as discussões. O professor decidiu por não interromper e permitir que a interação entre os estudantes continuasse. Este foi o TC onde os resultados do método PI foram mais expressivos. Após a segunda votação foi constatado 90% de acertos. Apenas um aluno após a discussão entre os pares optou por manter a sua escolha inicial, que infelizmente não foi adequada (alternativa “B” desconsiderando o rendimento). A figura 42 exibe os resultados obtidos no TC.

Figura 42: 2º TC – Aula 3.



Fonte: Autor

O terceiro e o quarto Testes Conceituais estavam relacionados com o conceito de pureza. No terceiro TC o professor precisou rever o conteúdo com os alunos pois foi alcançado apenas 30% de acertos. Mais uma vez, destaca-se a relevância dos alunos terem compreendido a metodologia, ninguém “chutou” a resposta. Isso transmite uma confiança muito maior nos dados obtidos pelo pesquisador. A figura 43 mostra as respostas dos alunos.

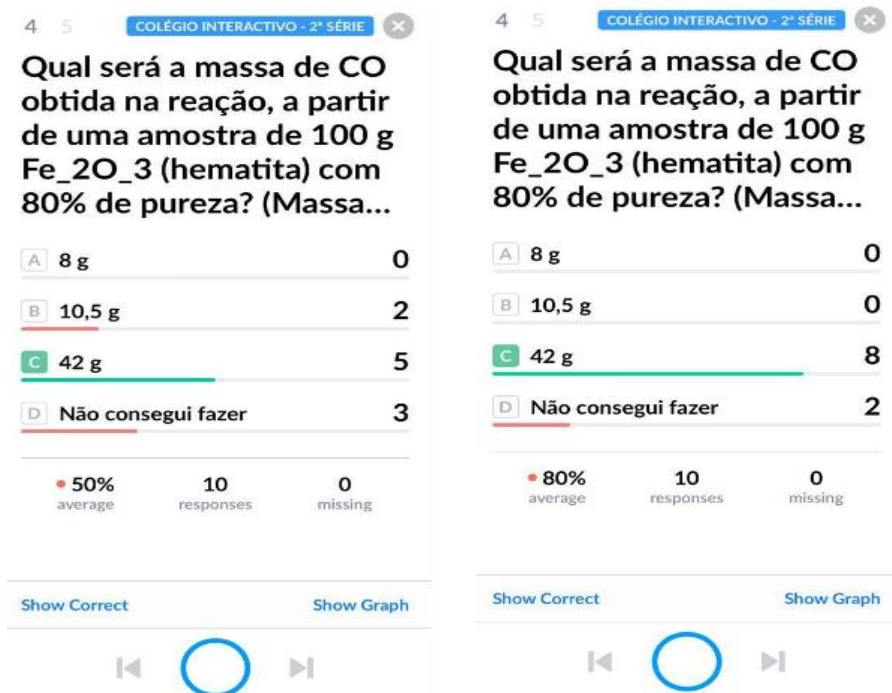
Figura 43: 3° TC – Aula 3.



Fonte: Autor

No quarto TC os estudantes foram conduzidos mais uma vez à instrução por pares após a primeira votação, onde foi verificado 50% de acertos. Após a segunda votação 80% dos estudantes conseguiram concluir a questão com êxito. A figura 44 traz os resultados nas duas votações.

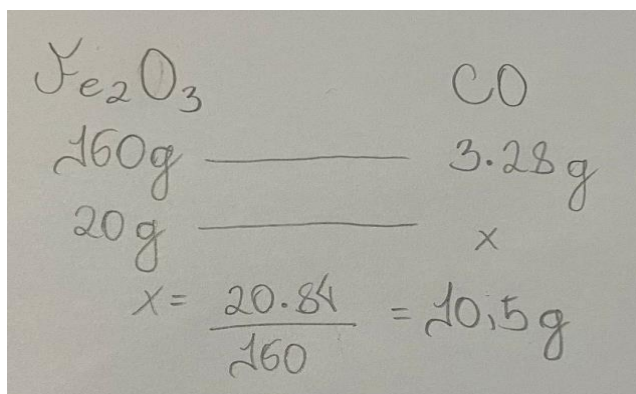
Figura 44: 4º TC – Aula 3.



Fonte: Autor

Vale destacar que neste TC, dois estudantes na primeira votação marcaram a letra “B”, que trazia uma concepção errada do conceito de pureza. Ambos desenvolveram os cálculos utilizando como base a parte impura da amostra (20%) chegando no valor de 10,5 g. A instrução por pares mais uma vez foi decisiva e benéfica, permitindo que os mesmos corrigissem as suas concepções sem a intervenção do professor. Isso foi relatado após a breve explanação que o professor fez no final do TC, quando um dos alunos disse: “*Dei mole professor, tinha feito com a impureza*”. A figura 45 mostra a concepção errada feita por um dos estudantes.

Figura 45: Concepção errada do 4º TC – Aula 3.



Fonte: Autor

No último TC o professor precisou rever o conceito. Foi o momento da aula que os estudantes mais apresentaram dificuldades. Durante alguns minutos da aplicação o professor precisou intervir e pedir silêncio para a turma pois alguns alunos manifestaram essa dificuldade em voz alta, gerando um grande falatório no meio da realização do TC. Como já era esperado pelo professor e indicado em vários trabalhos de pesquisar, problemas de estequiometria que envolvem reagente em excesso apresentam um grau elevado de dificuldade para os alunos. Após a votação foi constatado que apenas 1 aluno conseguiu fazer a questão de forma correta. Esse resultado é mostrado na figura 46.

Figura 46: 5º TC – Aula 3.

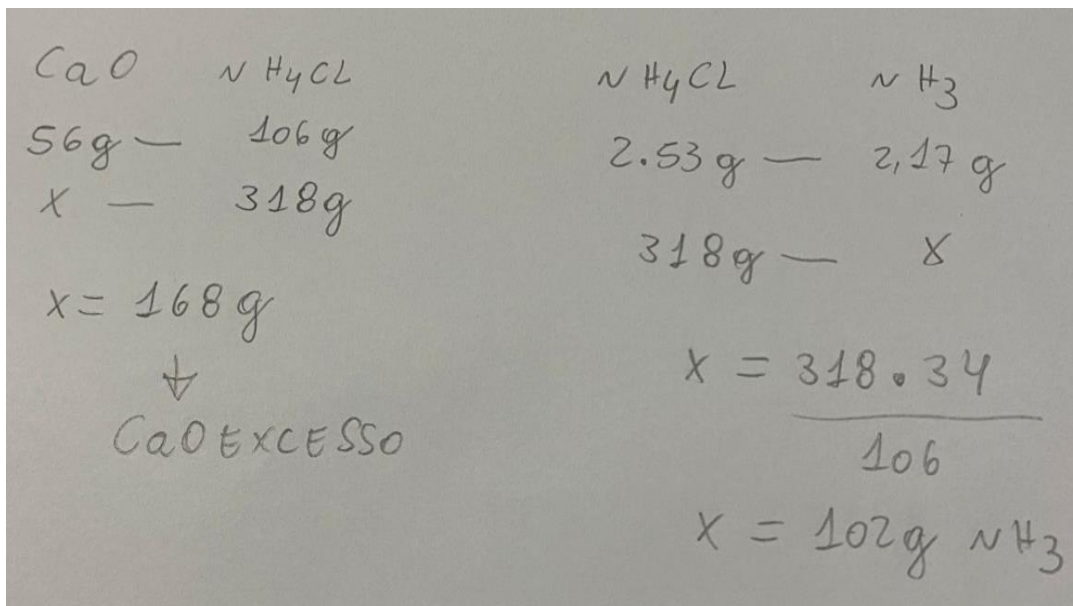


Fonte: Autor

A concepção equivocada do segundo aluno que tentou fazer a questão ocorreu no momento de identificar o reagente em excesso. A letra “B” trazia a resposta caso o estudante

encontrasse de modo incoerente o limitante e o reagente em excesso. A figura 47 traz a resolução equivocada desse estudante.

Figura 47: Concepção errada do 5º TC – Aula 3.



Fonte: Autor

A explanação do professor sobre o quinto TC durou aproximadamente 15 minutos, após a solicitação do docente os alunos ficaram em silêncio e atentos ao que estava sendo passado, no final da explicação esse momento mais tenso foi quebrado após a observação de um dos alunos que disse: “Nunca faço um troço desse”. A partir desse ponto a descontração voltou na turma fechando o ciclo de aplicação dos TC.

Antes de encerrar o encontro foi solicitado aos estudantes que preenchessem o questionário de opinião, composto por 10 assertivas objetivas e 2 discursivas Na tabela 5 cada assertiva objetiva foi identificada com a letra “A” e cada discursiva com a letra “D”

Tabela 6: Questionário de opinião.

ASSERTIVAS	
A1	Tive dificuldades no YouTube para assistir as videoaulas.
A2	A qualidade da gravação das videoaulas (vídeo e áudio) atendeu às minhas expectativas.
A3	Os conteúdos abordados nas videoaulas me ajudaram a compreender melhor a estequiometria e as explicações dadas foram claras e objetivas.
A4	Estudar o conteúdo das videoaulas antes (sala de aula invertida), ajudou na resolução dos problemas de estequiometria durante a atividade.
A5	A criação e utilização de um grupo no WhatsApp para encaminhar os links das videoaulas facilitou o processo.
A6	A utilização da tecnologia (aplicativo Plickers) em sala de aula gerou maior motivação e dinamismo para a realização da atividade.
A7	O nível de dificuldade das questões aplicadas durante a atividade estava adequado, ou seja, nem muito fáceis e nem difíceis.
A8	A discussão das questões com os colegas (<i>Peer Instruction</i>) durante a atividade aumenta a interação entre os alunos e melhora a compreensão do conteúdo.
A9	Seria interessante aprender outros conteúdos utilizando a mesma metodologia.
A10	A relação com o professor durante a atividade foi muito satisfatória.
D1	Quais foram os pontos em que você mais teve dificuldade na resolução dos problemas de estequiometria?
D2	Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.

Fonte: Autor

As respostas dadas pelos dez participantes que concluíram o projeto, bem como a média obtida em cada assertiva objetiva encontram-se na tabela 6. As assertivas D1 e D2 não apresentam valores por serem de caráter discursivo. As respostas fornecidas variam em uma escala de 1 a 5, sendo 1 discordo totalmente, 2 discordo em parte, 3 sem opinião, 4 concordo em parte e 5 concordo totalmente.

Tabela 7: Respostas dos alunos e média das assertivas.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Aluno 1	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Aluno 2	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Aluno 3	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno 4	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Aluno 5	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Aluno 6	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Aluno 7	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno 8	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno 9	1	5	5	5	4	5	5	5	5	5
Aluno 10	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Média	1	5	5	5	5	5	4,5	5	5	5

Fonte: Autor

A partir dos dados obtidos foi possível verificar que as metodologias utilizadas e as estratégias aplicadas no trabalho de pesquisa atenderam de forma satisfatória todas as expectativas dos alunos.

A assertiva A1 mostrou que nenhum estudante apresentou dificuldades para assistir as videoaulas no YouTube, aprovando também a qualidade da gravação (vídeo e áudio) como visto na assertiva A2. Uma grande expectativa do pesquisador estava voltada para o nível de compreensão dos conteúdos trabalhados nas videoaulas. A assertiva A3 demonstra que os objetivos foram alcançados, pois todos os estudantes concordaram totalmente que os conteúdos das videoaulas ajudaram na compreensão dos conceitos de cálculo estequiométrico.

A assertiva A4 mostrou que os estudantes também concordaram totalmente que a aula invertida possibilitou um melhor desenvolvimento dos problemas de estequiometria durante a atividade. A *flipped classroom* concede ao aluno uma maior liberdade de tempo e espaço, pois o estudante tem a possibilidade de caminhar de acordo com seu próprio tempo de aprendizado. As atividades estão disponíveis no momento em que ele desejar acessar, dessa forma o aluno pode estudar e rever os conteúdos quantas vezes achar necessário. Porém cabe salientar, que o êxito da aula invertida, assim como em qualquer aprendizagem híbrida, depende muito do nível de comprometimento do aluno. Métodos híbridos não atingem objetivos sozinhos, cabe ao estudante o empenho necessário para que todo o processo seja realizado com sucesso.

As assertivas A5 e A6 demonstram como as ferramentas tecnológicas agregam valor ao processo de aprendizagem e são muito bem recebidas pelos alunos. A utilização do Plickers como instrumento de votação e coleta de dados trouxe uma dinâmica especial para a aula, bem diferente do modelo habitual de ensino desses alunos. O entusiasmo dos estudantes ficou evidente durante todos os encontros. A versão gratuita do aplicativo disponibiliza um número limitado de cartões resposta, sendo possível a impressão de até 40 cartões. Essa limitação não foi um obstáculo para a realização deste trabalho de pesquisa, porém para turmas que apresentam mais de 40 alunos a versão gratuita pode ser uma desvantagem. As mudanças tecnológicas atuais são rapidamente incorporadas no cotidiano da sociedade e esse processo ocorre de forma tão intensa que não há mais como distanciar as ferramentas de mídias digitais da educação.

Com relação ao uso das tecnologias no meio escolar, Paulo Freire mesmo afirmando nunca ter sido um apreciador ingênuo da tecnologia, reconhece sua utilidade a favor da curiosidade dos estudantes. Segundo Paulo Freire (2002, p. 88) a curiosidade convoca a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca da perfilização do objeto ou do achado de sua razão de ser.

A média 4,5 obtida na assertiva A7 indicou que o nível de dificuldade dos TC estava adequado, ou seja, nem muito fáceis e nem muito difíceis, demonstrando o equilíbrio esperado na cobrança das questões.

As assertivas A8 e A9 comprovam o potencial que a metodologia PI apresenta para quebrar a barreira da passividade das aulas expositivas. A instrução por pares apresentou diversos aspectos positivos, como exemplo, o fato dos estudantes deixarem de aceitar simplesmente o que lhes é transmitido, passando a pensar por si mesmos e a expor seus

pensamentos. A autonomia do aluno é estimulada a todo instante. O tempo que seria gasto na sala de aula para a exposição teórica do conteúdo é melhor aproveitado pelo professor para a realização de outras atividades ou práticas. Durante a aplicação dos TC foi observado a interação constante entre os alunos, nenhum par permaneceu apático ou desmotivado durante as discussões. O quantitativo de alunos presentes na turma, de certa forma, ajudou na observação, na mediação e no andamento das atividades por parte do professor. Turmas com um número elevado de alunos provavelmente irão exigir um maior empenho do professor na mediação e no controle disciplinar. O aumento no índice de acertos dos TC após a instrução por pares mostra a melhora na compreensão dos conceitos relacionados à estequiometria. Existem estudos que indicam que o PI aumenta o entendimento e aprendizagem, ainda sim quando nenhum dos estudantes envolvidos numa discussão sabia a resposta correta previamente à discussão (SMITH et al., 2009).

Na assertiva A9 todos os estudantes concordaram totalmente que seria interessante aprender outros conteúdos utilizando a mesma metodologia, demonstrando que ainda há muito espaço para implementar o método ativo de aprendizagem.

A relação harmoniosa e muito satisfatória entre professor-aluno foi verificada na assertiva A10, onde todos concordaram totalmente.

Nas assertivas D1 e D2 os estudantes responderam duas perguntas abertas. A primeira estava relacionada com os pontos de maior dificuldade encontrados na resolução de problemas de estequiometria. A maior parte dos alunos relatou dificuldade com os cálculos matemáticos. Outro ponto relevante foi a interpretação dos enunciados dos problemas. As figuras 48 e 49 exibem esses dois pontos principais.

Figura 48: Resposta da assertiva D1.

11) Quais foram os pontos em que você mais teve dificuldade na resolução dos problemas de estequiometria?

na parte de matemática e na parte de interpretação

Fonte: Autor

Figura 49: Resposta da assertiva D1.

11) Quais foram os pontos em que você mais teve dificuldade na resolução dos problemas de estequiometria?

na área da matemática e interpretação.

Fonte: Autor

Na assertiva D2 o estudante pode expor sua avaliação geral sobre a metodologia utilizada. Alguns relatos foram selecionados e estão exibidos na figura 50.

Figura 50: Respostas da assertiva D2.

12) Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.

achei muito interessante e divertida, que deveria ser introduzida em nossas aulas de dia a dia!

12) Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.

Na minha opinião, a metodologia agrega muito na aula, causando uma interação melhor com a turma fazendo uma aula mais dinâmica. A principal diferença nessa metodologia foi a troca de informações entre o professor e a turma, pois na aula normal os alunos geralmente só ouvem o professor, nessa didática tem a interação que causa o aprendizado de forma menos "estressante". Na minha opinião as aulas de dia a dia deveriam ter essa metodologia.

Fonte: Autor

Em seguida outros dois relatos são mostrados na figura 51.

Figura 51: Respostas da assertiva D2.

12) Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.

Este novo método no meu ponto de vista foi uma coisa muito construtiva, porque ajudou a orientar tanto o professor, tanto o aluno. Com a frequência nos enviando o link até ele acaba ganhando tempo para fazer mais coisas com o grupo. No ponto em que ele nos dá um conteúdo rápido e enxuto as respostas é uma coisa muito boa, porque gasta menos papel, pode usar o conteúdo mais de uma vez, então acaba sendo uma coisa mais econômica, sempre em uma sala de aula quando você está aplicando uma avaliação a essa esse método, você acaba utilizando isso, porque o resultado fica bem fixado. É uma aula mais digital mais que foi bem mais construtiva, o tempo passou rápido, não foi uma coisa chata e cansativa, se não fosse uma aula mais econômica, construtiva.

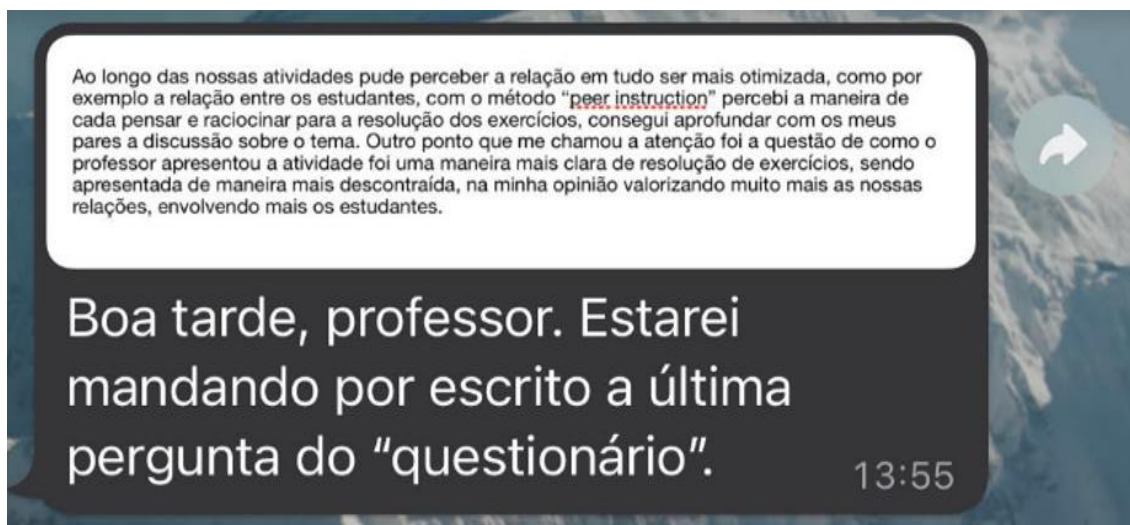
12) Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.

Com a longa das novas atividades qual perceber a relação em tudo de atividades, como por exemplo a relação entre o estudante e com o método "Por simulação" para a melhoria de cada um para a aplicação para a resolução das questões. Também de responder com os meus para a disciplina de LOM e LOM. Outro ponto que me chamou a atenção foi a questão de como o professor e o aluno a atividade foi de maneira mais clara de resolução de questões. Aplicando no mundo digital e participando muito mais a nova metodologia em relação aos estudantes.

Fonte: Autor

Cabe destacar que o aluno e autor deste último relato apresentado na figura 51, fez questão de enviar de forma voluntária sua opinião para o professor pelo WhatsApp um dia após a atividade, no modo privado, reconhecendo dificuldade na compreensão da sua escrita. A figura 52 exibe a opinião relatada.

Figura 52: Respostas da assertiva D2.



Fonte: Autor

A figura 53 exibe os dez alunos que participaram de todas as etapas do trabalho de pesquisa.

Figura 53: Alunos participantes da metodologia.



Fonte: Autor

A partir da leitura dos relatos mencionados o professor pode constatar que os principais objetivos da metodologia foram alcançados. O método ativo PI foi aplicado de maneira satisfatória. Alguns pontos da atividade ainda precisam ser repensados e aperfeiçoados, como exemplo, encontrar um equilíbrio melhor entre a quantidade de encontros presenciais e o tempo destinado a eles. Na aula 2, por exemplo, o tempo destinado às instruções do cartão resposta, realização das questões “teste” e do quizz, impossibilitou a realização do quinto TC que estava programado. Na aula 3, por exemplo, a maior parte do tempo foi destinado à realização dos TC voltados para os conceitos de rendimento e pureza, com isso só foi possível a realização de um TC sobre reagente em excesso e limitante. Desse modo, o caso de estequiometria que é considerado por muitos, o mais difícil de ser compreendido, poderia ter sido trabalhado por um tempo maior proporcionando uma melhor aprendizagem para os alunos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias ativas estão alicerçadas em um princípio teórico significativo: a autonomia, algo explícito na invocação de Paulo Freire (MITRE, 2008, p. 2135).

Cada vez mais devemos nos distanciar do modelo tradicional de ensino que se baseia exclusivamente em transmitir conteúdos presentes nos livros didáticos. É preciso desenvolver metodologias que forneçam condições para que os alunos adquiram habilidades educacionais, conduzindo-os à autonomia de modo que eles percebam que também são responsáveis pelo próprio processo de formação.

Segundo Freire (2003), é justamente refletir a possibilidade de ultrapassar a barreira do livro didático, daquela metodologia rigorosa, pois ensinar é ir além dos objetivos básicos é um aprofundamento na realidade que permeia a vida social do sujeito, é o processo de transformação, de amadurecimento do sujeito dando-lhe possibilidades de fluir suas ideias.

Com o objetivo de contribuir no processo de aprendizagem do cálculo estequiométrico aumentando a participação e o engajamento dos alunos, a aplicação da metodologia ativa *Peer Instruction* mostrou-se muito satisfatória. O método desenvolve nos estudantes a capacidade de encontrar soluções para problemas de maneira individual e em grupo, possibilitando também uma maior retenção do conhecimento.

A implementação do PI é trabalhosa. Em geral, nas escolas públicas brasileiras há uma carência muito grande de recursos tecnológicos e mídias digitais. Muitas sequer disponibilizam internet na sala de aula, o que dificulta muito a utilização de metodologias ativas que dependem desses recursos tecnológicos.

O presente trabalho só pode ser realizado pois a escola e os estudantes apresentaram as condições e ferramentas tecnológicas necessárias. A preparação e capacitação do professor através do planejamento da pesquisa, do estudo do método e das estratégias de trabalho são primordiais para o desenvolvimento da metodologia.

Cabe salientar que o PI deve ser tratado como uma metodologia facilitadora do processo de aprendizagem, sendo integrado a outros métodos de ensino. Devido ao seu enorme potencial e benefícios gerados na aprendizagem ainda pode ser muito mais explorado em vários segmentos da educação brasileira.

7 REFERÊNCIAS

- ABREU, José Ricardo Pinto de. **Contexto Atual do Ensino Médico: Metodologias Tradicionais e Ativas -Necessidades Pedagógicas dos Professores e da Estrutura das Escolas.** 2011. 105f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- ALMEIDA, M. E. B. **Integração de currículo e tecnologias: a emergência de web currículo.** Anais do XV Endipe – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. Belo Horizonte: UFMG, 2012.
- ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.
- ARAÚJO, Ulisses F. **A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social. ETD: educação temática digital**, Campinas, v. 12, 2011.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.) Ensino híbrido: **Personalização e tecnologia na educação.** Porto Alegre: Penso, 2015.
- BASSALOBRE, Janete. Ética, Responsabilidade Social e Formação de Educadores. **Educação em Revista.** Belo Horizonte, v. 29, n. 01, p. 311-317, mar. 2013.
- BELTRAN, Nelson. Orlando; CISCATO, Carlos Alberto. **Coleção Magistério para o 2º Grau**, série Formação Geral: Química. Ed. Cortez, 2000.
- BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem.* Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. The Flipped Classroom: A Survey of the Research. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 120., 2013, Atlanta. **Anais...** local: Washington DC, American Society for Engineering Education, 2013. p. 1-18. Disponível em:<<http://www.studiesuccessho.nl/wp-content/uploads/2014/04/flipped-classroom-artikel.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2015.
- BRADY, J.E. e HUMISTON, G.E. **Química geral.** 2ª ed. Trad. de C.M.P. dos Santos e R.B. Faria. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986. v. 1.
- BURGESS, Jean. GREEN, Joshua. YouTube e a Revolução Digital: como o maior fenômeno da cultura participativa transformou a mídia e a sociedade. Tradução de Ricardo Giassetti. São Paulo: Aleph, 2009.
- CAMPAGNOLO, R.; APARECIDA, A.; RAUBER, J. J.; TRATCH, R. Uso da abordagem Peer Instruction como metodologia ativa de aprendizagem: um relato de experiência. **Signos**, n. 2, p. 79–87, 2014.

CARVALHO, A. M. P. & GONÇALVES, M. E. R. **Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão.** Cadernos de Pesquisa, dez. 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15742000000300004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt > Acesso em: junho de 2021.

CARVALHO, Geraldo Camargo de. **Química moderna.** São Paulo: Scipione, 1997, p.226.

COSTA, A. A. F.; SOUZA, J. R. T. **Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico.** Amazônia-Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v.10, n.19, p 106-116, 2013.

CROUCH, Catherine; WATKINS, Jessica; FAGEN, Adam; MAZUR, Eric. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. Research-Based Reform of University Physics, v.1, p.1-55. 2007.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. M. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica.** Revista THEMA, v. 14, n. 1. p. 268-288, 2017.

DOS SANTOS, Livia Cristina; DA SILVA, Marcia Gorette Lima. **Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria/**Knowing the difficulties of learning in higher education for the concept of stoichiometry. Acta Scientiae, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.

EDUCAUSE. *7 things you should know about... flipped classrooms.* Fev. 2012. Disponível em: <<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/eli7081.pdf>>

FILGUEIRAS, Carlos Alberto L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 38-44, 2004.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da indignação:** cartas pedagógicas e outros escritos. São Paulo: UNESP, 2000.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido.** 11. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia.** 25ª.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra S/A, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. São Paulo, Paz e Terra, 2003.

GOMES, R. S.; MACEDO, S. da H. **Cálculo Estequiométrico: o terror nas aulas de Química.** Revista Vértices, v.9, n1/3, p.149-160, 2007.

GAZOLLA NETO, A., et al. 2012. **Rastreabilidade aplicada à produção de sementes de soja.** Informativo ABRATES. v.22, n.2

GRESSLER, Lori Alice. Introdução à pesquisa: **projetos e relatórios.** 2ª ed. rev. atual. São Paulo: Loyola, p. 24, 1989.

HORN, M. B.; STAKER, H. *Blended:* usando a inovação disruptiva para aproximar a educação. Trad. Maria Cristina Gularte Monteiro. Porto Alegre: Penso, 2015.

JÓFILI, Zélia. **Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola.** Educação: Teorias e Práticas. v. 2, n. 2, p. 191-208, dez 2002.

LAVOISIER, A.L. **Elements of Chemistry.** Trad. R. Kerr. Edinburgh: Willian Creech, 1790.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: From Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1066, 2008.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** 2.ed. São Paulo: E.P.U., 2012. 128p.

MARQUES, L, P.; MARQUES, C, A. Dialogando com Paulo Freire e Vygotsky sobre educação. 29ª Reunião Anual da Anped, 2006.

MASETTO, M. T. **Competência pedagógica do professor universitário.** 3 ed. São Paulo: Summus, 2015.

MAZUR, E. Peer Instruction: **A revolução da aprendizagem ativa.** Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual;** Pearson Prentice Hall; Upper Saddle River; New Jersey; USA; 1997; ISBN 0135654416.

MEDEIROS, Amanda. **Docência na socioeducação.** Brasília: Universidade de Brasília, Campus Planaltina, 2014.

MIGLIATO, J.R.F. (2005). **Utilização de Modelos Moleculares no Ensino de Estequiometria para alunos do Ensino Médio** – Estequiometria. 2005. Dissertação de Mestrado – UFSCar, São Carlos (SP).

MITRE, Sandra Minardi e outros. **Metodologias ativas de ensinoaprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais.** Ciência & Saúde Coletiva, 13 (Sup 2), 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csc/v13s2/v13s2a18.pdf>>. Acesso em setembro de 2021.

MORAN, J. Educação híbrida: um conceito chave para a educação hoje. In: BACICH, L. NETO, A. T.; TREVISANI, F. M. (Org) **Ensino Híbrido. Personalização e tecnologia na educação.** Penso. 2015. p.27-39.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NEGRÓN, A. C. V.; GIL, P. E. G. En busca de alternativas para facilitar la enseñanza aprendizaje de la estequiometría. En Blanco y Negro: **Revista sobre Docência Universitária.** v. 1, n. 1, p. 1-8, 2012.

OLIVEIRA, C.; MOURA, S. P., SOUSA, E. R., Tic's na Educação: **A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno.** Periódicos. Pucminas, v. 7, n. 1 p. 75-94, 2015.

PAULA, M. R.; SOARES, G. A. A utilização de algumas ferramentas das metodologias

ativas de aprendizagem para as aulas de cálculo diferencial. Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades São Paulo – SP, 13 a 16 de julho de 2016.

PEREIRA, Rodrigo. Método Ativo: Técnicas de Problematização da Realidade aplicada à Educação Básica e ao Ensino Superior. In: **VI Colóquio internacional. Educação e Contemporaneidade**. São Cristóvão, SE. 20a 22setembro de 2012.

PIO, J. M. (2006). **Visão de alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de Cálculo Estequiométrico**. Monografia (Graduação de Licenciatura em Química) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PRETI, Oreste; NEDER, Maria Lúcia Cavalli; et al. **Educação a Distância: sobre discursos e práticas**. Brasília: Líber Livro Editora, 2005.

SANTOS, L. C. dos. **Dificuldades de Aprendizagem em Estequiometria: Uma Proposta de Ensino Apoiada na Modelagem**. Dissertação: Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN, Natal, 2013.

SARDELLA, Antônio. **Curso de Química**, v.1. São Paulo: Editora Ática, 1998, p.132.

SCHELL, J.; MAZUR, E. Flipping the Chemistry Classroom with Peer Instruction. **Chemistry education: Best practices, Opportunities and Trends.**, p. 319–343, 2015.

SMITH, M. K. WOOD, W. B.; ADAMS, W. K.; WIEMAN, C.; KNIGHT, J. K.; GUILD, N.; SU, T. T. Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions. **Science (New York, N.Y.)**, v. 323, n. Janeiro, p. 122–124, 2009.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.31, n 3, p. 443-466, 2005. Tradução de: Lólio Lourenço de Oliveira.

VALENTE, J. A. **Comunicação e a Educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação**. Revista UNIFESO – Humanas e Sociais, Vol. 1, n. 1, 2014, pp. 141-166.

VEEN, W.; VRAKING, B. Homo Zapiens: **educando na era digital**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VERONE, K.; PIAZZA, M. **Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria**. In: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis/SC, 2007, p.1- 10.

VIANA, Maria Aparecida P. **Formação em serviço de professores iniciantes na educação superior e suas implicações na prática pedagógica**. 2013. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, 2013.

VIEIRA, Flávia. **Autonomia na Aprendizagem da Língua Estrangeira**. Centro de Estudos em Educação e Psicologia, Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. Braga, 1998.

VILLA, S. M. de S. (2003). **As implicações dos obstáculos epistemológicos no ensino de Ciências.** *Revista da FAEEDBA – Educação e Contemporaneidade*, Salvador, v. 12, n. 20, p. 405-412, jul/dez.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** São Paulo: Saraiva, 1997, p. 216-236.

ANEXOS

ANEXO 1 – Questionário Diagnóstico

COLÉGIO INTERACTIVO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO – PROFESSOR: FELIPE SEPULVIDA

ALUNO: _____ DATA: ____ / ____ / ____.

01) Você tem acesso à internet?

() Sim () Não

02) Qual é o seu principal meio de acesso à internet?

() Pelo celular

() Pelo computador da minha residência

() Pela escola

() Outro. Qual? _____

03) Com que frequência você utiliza a internet?

() Sempre

() Quase sempre

() Raramente

() Nunca

04) Você já ouviu falar sobre aprendizagem híbrida?

() Sim () Não

05) Como você classificaria o seu nível de conhecimento sobre a método sala de aula invertida?

() Nenhum

() Baixo

() Mediano

() Alto

() Muito alto

06) De acordo com o seu entendimento, qual opção abaixo está adequada com a proposta da sala de aula invertida?

() O conteúdo é apresentado ao estudante fora do ambiente escolar a partir de diversos meios, podendo ser estudado previamente em casa, gerando mais tempo para atividades realizadas em sala.

() Durante a aula o aluno inverte o papel de ensinar com o professor, realizar a exposição das informações e dos conteúdos, passando a mediar as atividades.







07) Ao longo da sua trajetória acadêmica (sem contar o ano letivo atual) já participou de alguma atividade escolar que utilizasse essa metodologia (aula invertida)?






Sim Não Não me lembro

08) Com que frequência (considerando o ano letivo de 2022) essa metodologia vem sendo utilizada pelos professores da sua escola?

Sempre Quase sempre Raramente Nunca

ANEXO 2 – QR Code – Videoaulas

VIDEOAULA	QR CODE
1 ^a	
2 ^a	
3 ^a	
4 ^a	
5 ^a	
6 ^a	

7 ^a	
8 ^a	
9 ^a	
10 ^a	
11 ^a	

ANEXO 3 – Questionário de Opinião

COLÉGIO INTERACTIVO
QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO – PROFESSOR FELIPE SEPULVIDA

ALUNO: _____ DATA: ____ / ____ / ____.

OBS: Considere a escala de 1 a 5 como:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo em parte
- 3 – Sem opinião
- 4 – Concordo em parte
- 5 – Concordo totalmente

01) Tive dificuldades no YouTube para assistir as videoaulas.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

02) A qualidade da gravação das videoaulas (vídeo e áudio) atendeu às minhas expectativas.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

03) Os conteúdos abordados nas videoaulas me ajudaram a compreender melhor a estequiometria e as explicações dadas foram claras e objetivas.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

04) Estudar o conteúdo das videoaulas antes (sala de aula invertida), ajudou na resolução dos problemas de estequiometria durante a atividade.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

05) A criação e utilização de um grupo no WhatsApp para encaminhar os links das videoaulas facilitou o processo.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

06) A utilização da tecnologia (aplicativo Plickers) em sala de aula gerou maior motivação e dinamismo para a realização da atividade.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

07) O nível de dificuldade das questões aplicadas durante a atividade estava adequado, ou seja, nem muito fáceis e nem difíceis

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

08) A discussão das questões com os colegas (Peer Instruction) durante a atividade aumenta a interação entre os alunos e melhora a compreensão do conteúdo.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

09) Seria interessante aprender outros conteúdos utilizando a mesma metodologia.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

10) A relação com o professor durante a atividade foi muito satisfatória.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

11) Quais foram os pontos em que você mais teve dificuldade na resolução dos problemas de estequiometria?

12) Qual é a sua avaliação geral sobre a metodologia aplicada? Deixe aqui a sua opinião, sugestão ou crítica.