



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**RENATO VERÍSSIMO DE OLIVEIRA**

**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENTRE QUÍMICA E  
MATEMÁTICA PARA ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE GASES**

**FORTALEZA**

**2019**

RENATO VERÍSSIMO DE OLIVEIRA

UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENTRE QUÍMICA E  
MATEMÁTICA PARA ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE GASES

Monografia submetida à  
Coordenação do Curso de Licenciatura  
em Química do Departamento de  
Química Orgânica e Inorgânica da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do grau de  
Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Jair  
Mafezoli.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- O51p Oliveira, Renato Veríssimo de.  
Uma proposta interdisciplinar entre química e matemática para abordagem do conteúdo de gases /  
Renato Veríssimo de Oliveira. – 2019.  
71 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Química, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Jair Mafezoli.
1. Química. 2. Matemática. 3. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDD 540

---

RENATO VERÍSSIMO DE OLIVEIRA

UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENTRE QUÍMICA E  
MATEMÁTICA PARA ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE GASES

Monografia submetida à  
Coordenação do Curso de Licenciatura  
em Química do Departamento de  
Química Orgânica e Inorgânica da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do grau de  
Licenciado em Química.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Jair Mafezoli (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Luis Gustavo Bastos Pinho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Luiz Daniel Alves Rios  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À memória de Paul Ehrenfest,  
Van't Hoff, Ludwig Boltzmann, Richard  
Feynman, J. Von Neumann e Paul Dirac,  
pelo amor e inspiração que me  
proporcionam todas as vezes que releio  
suas biografias.

Aos meus pais, amigos, a minha  
namorada e toda a minha família.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha linda, amável e adorável mãe, Dona Rita de Cássia de Oliveira, pelo amor, pelo carinho, pelos cuidados, pela confiança e pela ajuda incondicional, seja financeiramente, seja emocionalmente. A você dedico minha mais profunda gratidão, pois compreendo que sem o apoio e incentivo da senhora eu jamais teria realizado tal sonho. Espero poder retribuir à altura todos os sacrifícios que essa guerreira fez por mim.

Ao meu pai, Francisco Carlos dos Santos, pelos conselhos e pelo ensinamento sobre o que é ser um homem ético e fiel aos compromissos, mediante o próprio exemplo.

A minha namorada, Gabriela Farias, pelo apoio, pelos conselhos, pelas distrações, pelas correções gramaticais e, principalmente, pela paciência, pois, apesar de suas muitas ocupações, sempre tirou um pouco do seu tempo para corrigir e prestigiar meus escritos, bem como para acrescentar ideias e complementar outras. Além disso, seu bom humor contagiante e seu apoio financeiro também foram inegavelmente eminentes. A admiração e a motivação diárias que essa mulher me proporciona me deram força para não desistir. Muito obrigado, meu amor.

As minhas irmãs, Gabriely Oliveira, Amanda Santos e Larissa, envio meus sinceros agradecimentos, pois vocês foram fundamentais em meu trajeto até aqui, além de serem uma parte de mim.

A todos os meus familiares, que sempre acreditaram no meu potencial, só tenho a lhes agradecer, pois observo neles exemplos a serem seguidos. Da forma que puderam, sei que fizeram todos os esforços para que tivéssemos uma vida mais digna.

Aos meus amáveis colegas César Magno, Emanuel Agerdeilson, Francisco de Assis e Paulo Gonçalves, pela coragem de estarem sempre ao meu lado, pela motivação e força que sempre me deram, bem como pelo apoio imensurável. Sem todas as brincadeiras e os momentos humorísticos que me proporcionaram uma descarga imensa de endorfina, não sei se saberia lidar tão bem com os momentos de pressão.

Ao meu colega de quarto, Joaquim Cláudio, grande músico, pelo apoio, pela admiração, pela amizade, pela confiança, pela compreensão e pelo carinho. Sentirei saudade de todas as pizzas que comemos juntos, bem como do alarme não muito

agradável às 05:00 AM. A você, desejo muito sucesso na carreira profissional, pois sei que possui um talento inegável.

Gostaria de agradecer, também, ao meu amabilíssimo ex-professor de química do ensino médio, Tiago Araújo, e ao seu caridoso irmão Itamar Araújo, por terem me auxiliado inicialmente ao ingressar na universidade. Ao Tiago, por me trazer à Fortaleza para que eu realizasse a matrícula e, ainda, por me auxiliar financeiramente sem nunca ter exigido nada em troca. Ao senhor Itamar, por me proporcionar um lar a fim de que eu permanecesse sem pagar aluguel, água e energia. Do âmago do meu ser, muito obrigado e podem ter certeza que, se um dia precisarem de mim, eu estarei aqui para retribuir o favor e a gentileza.

Meus sinceros agradecimentos ao programa de Residência Universitária e às adoráveis pessoas que trabalham nele, pois sempre me receberam com educação, respeito e carinho, contribuindo para a realização do meu sonho.

Meu muito obrigado aos professores Francisco Belmino, Paulo Naftali, Norberto de Kássio, Fátima Nunes, Otília Loiola, Judith Feitosa, Ruth Vidal, Idalina Moreira, Luis Gustavo Bastos Pinho, Juvêncio Nobre, Selma Mazzetto, Nágila Ricardo, Darlan Girão, Odair Pastor e tantos outros que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha educação e do meu crescimento, tanto intelectual quanto pessoal.

Aos meus antigos coordenadores, Jair Mafezoli e Jackson Rodrigues, pela ajuda incessante. Ao compromissado secretário, Roberto Ponte, pela disponibilidade. Por fim, à então coordenadora, Pablyana Leila, pelas oportunidades e pela confiança depositada em mim. A vocês, minha mais profunda gratidão, pois sei o quanto os senhores foram importantes em minha jornada durante o período acadêmico.

Semelhantemente, gostaria de destacar o papel de três ex-professores que sempre me auxiliaram, motivaram e ajudaram: Daniel Rios, Oscar Moura e Fernando Silveira, meu muito obrigado pelos conselhos, pelos esclarecimentos, pelo apoio e pela força que sempre me deram. Vocês sempre me estimularam a ascender intelectualmente.

Aos meus professores do ensino fundamental, em especial: Natalício, José Valderi, Jeckson Tiago, Nickson Brandão, Rosimeire, Tatiane, Iolanda Santos, Adriana Oliveira, Helena Muniz, bem como aos do ensino médio, sobretudo: Marina Sena, Edilene Silva, Geovânio Silveira, Jeová Silveira, Quilion, Bento, Marcelo

Fonseca, Leiliane Guimarães, Edna, Márcia Vasconcelos, Roberto Chaves, Gleice Regis, Deles Carvalho, Cleverson Paiva, Fábio José, Ed Carlos, Tiago Araújo e Janaína, que moldaram a minha personalidade e postura social, além de desenvolverem a minha criticidade e a arte da dúvida.

Obrigado a Regina, Carol, Fabiana Moraes, Erisvan Alves, Gillenê Vasconcelos e aos demais componentes do colégio EEPP Marta Maria Giffoni de Sousa, haja vista o apoio inicial que recebi de vocês para que eu ingressasse na Universidade.

Ao meu orientador, homem incrível, sincero, honesto e justo, sou profundamente agradecido, pois reconheço a sua ajuda constante, inclusive desde o início da minha graduação. Sempre lhe mandava dúvidas e o senhor as esclarecia à medida do possível. Agradeço pela amizade, pelo carinho, pela força, pela acessibilidade e pelo comprometimento.

Aos meus colegas do ensino médio e do ensino superior, muitíssimo obrigado pela companhia, pelos trabalhos realizados em grupo e por toda a motivação que me concederam.

Gostaria de finalizar agradecendo ao Geraldo Veríssimo e a sua esposa Thaís Vasconcelos, meus compadres, por toda a ajuda e apoio prestado! Dou graças pelas vezes em que auxiliaram.



“Um trabalho matemático é, para quem o sabe ler, o mesmo que um trecho musical para quem o sabe ouvir, um quadro para quem o sabe ver, uma ode para quem a sabe sentir [...]”.

Gosmes Teixeira

## PRÓLOGO

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos docentes no ensino de química é a falta de conhecimentos matemáticos por parte dos discentes, tendo em vista que essa área atua essencialmente como subsunçor e ferramenta no ensino de ciências exatas. Com base nisso, este trabalho foi realizado de modo a mostrar o quão importante é a matemática para a compreensão minuciosa e detalhada da química. Ademais, procurou-se convencer os estudantes da beleza subjacente às equações, bem como da importância da matemática pura para o desenvolvimento da ciência, mostrando exemplos em que isso ocorreu. E, ainda, procurou-se evidenciar as dificuldades apresentadas pelos estudantes no entendimento da química devido ao embasamento matemático que lhes faltava. Para tornar mais notável a importância da matemática e as deficiências dos estudantes nas ciências da natureza, realizou-se um estudo sobre o tópico do conteúdo de gases, que está presente em áreas como química, física, meteorologia etc. Além disso, investigou-se quantitativa e qualitativamente o percentual em que os livros didáticos, assim como os professores, abordam a matemática necessária para a compreensão do tema supracitado. Com relação à análise dos livros, esta se deu de forma manual, observando o capítulo responsável por essa parte da ementa, que está presente nos livros do primeiro ano do ensino médio. Com o objetivo de obter mais dados, aplicou-se um questionário aos professores do ensino médio, visando inquiri-los a respeito da metodologia atual para a abordagem do conteúdo de gases, assim como o que eles achariam de uma metodologia que visa abordar a matemática necessária para a elucidação desse assunto. Então, propus uma metodologia que busca entrelaçar ambas as áreas, de maneira que a fundamentação em álgebra e geometria seja sempre ministrada anteriormente ao tópico que necessita de conceitos presentes nesses ramos. Com base nas amostras coletadas e averiguadas, conclui-se que os livros didáticos e os docentes abordam parcialmente química/matemática de forma interdisciplinar. Logo, faz-se necessária uma mudança brusca nesse quesito, haja vista que a química e a matemática são áreas indissociáveis.

**Palavras-Chave:** Química. Matemática. Interdisciplinaridade.

## SUMMARY

One of the great difficulties faced by teachers in the teaching of chemistry is the lack of mathematical knowledge on the part of the students, considering that this area acts essentially as subsumption and tool in the teaching of exact sciences. Based on this, this work has been done to show how important mathematics is to the detailed and thorough understanding of chemistry. Furthermore, it was attempted to convince the students of the beauty underlying the equations, as well as of the importance of pure mathematics for the development of science, showing examples in which this occurred. Also, it was intended to evidence the difficulties presented by the students in the understanding of the chemistry due to the mathematical base that they lacked. In order to make the importance of mathematics and students' deficiencies in the natural sciences more relevant, a study was carried out on a topic of gas content, which is existent in areas such as chemistry, physics, meteorology, etc. In addition, quantitative and qualitative researches were done on the percentage in which textbooks, as well as teachers, study the mathematics needed to understand the aforementioned topic. Regarding the analysis of the books, it was done manually, observing the chapter responsible for that part of the menu, which is present in the books of the first year of high school. In order to obtain more data, a questionnaire was applied to high school teachers, seeking to inquire about the current methodology for the gas content approach, as well as what they would think of a methodology that aims to approach the needed mathematics to elucidate this matter. So, I proposed a methodology that seeks to intertwine both areas, so that the foundation in algebra and geometry is always given prior to the topic that needs the concepts present in those branches. Based on the collected and verified samples, it is concluded that textbooks and teachers approach partially chemistry / mathematics in an interdisciplinary way. Therefore, a severe change is necessary in this respect, since chemistry and mathematics are inseparable areas.

Keywords: Chemistry. Mathematics. Interdisciplinary.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotos das capas dos livros didáticos analisados .....	15
Figura 2 - Questionário investigativo .....	16
Figura 3- Imagem retirada do livro referente ao autor Ricardo Feltré.....	21
Figura 4 - Imagem retirada do livro referente aos autores Tito e Canto.....	22
Figura 5 - Imagem retirada do livro referente a autora Martha Reis .....	22
Figura 6 - Imagem retirada do livro referente ao autor Sardella.....	23
Figura 7 - Imagem retirada do livro referente aos autores BAD. ....	24
Figura 8 – Metodologia atual para a abordagem do tema gases .....	24
Figura 9 – Aulas determinadas para o ensino do conteúdo de gases .....	26
Figura 10 – Dificuldades para assimilação sobre proporção direta e inversa .....	27
Figura 11 – Opinião dos docentes sobre a metodologia proposta.....	28
Figura 12 – Opinião dos docentes se existe ou não tempo para aplicação da metodologia proposta.....	30
Figura 13 – Avaliação dos professores sobre a metodologia atual .....	31
Figura 14 - Avaliação dos professores sobre a metodologia atual.....	32
Figura 15 – Comparativo entre ambas as metodologias .....	33
Figura 16 - Abordagem matemática do livro didático .....	33
Figura 17 – Receptividade dos estudantes a respeito da metodologia proposta .....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Um comparativo entre as classes (álgebra, geometria, tabela e Gráfico 1 escrita) e o total de livros.....	20
Gráfico 2. Metodologia utilizada para o ensino do tópico gases .....	25
Gráfico 3. Dificuldades sobre proporção direta e inversa.....	28
Gráfico 4. Existência ou inexistência de tempo para a aplicação da metodologia proposta .....	30
Gráfico 5. Abordagem matemática do livro didático.....	34

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1. A importância da Matemática na Química</b> .....	1
<b>1.2. O fascínio das equações e a aplicabilidade da Matemática Pura</b> .....	6
<b>1.3. As dificuldades na Química provenientes da Matemática</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	13
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	13
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	14
<b>3.1. Análise dos livros didáticos</b> .....	14
<b>3.2. Aplicação do questionário</b> .....	15
<b>3.3. Proposta para a abordagem do tema gases</b> .....	16
<b>3.3.1. Parte 1</b> .....	17
<b>3.3.1.1 Questionário introdutório</b> .....	17
<b>3.3.1.2 Matemática inclusa no tema gases</b> .....	17
<b>3.3.2. Parte 2</b> .....	18
<b>3.3.2.1. Interpretação físico-química do comportamento dos gases</b> .....	18
<b>3.3.2.2. Sondagem mediante uma avaliação</b> .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>4.1. Sobre a análise dos livros didáticos</b> .....	20
<b>4.2. Sobre a aplicação do questionário</b> .....	24
<b>EPÍLOGO</b> .....	36
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>APÊNDICE 1</b> .....	40
<b>APÊNDICE 2</b> .....	42
<b>ANEXO 1</b> .....	43
<b>APÊNDICE 3</b> .....	47
<b>APÊNDICE 4</b> .....	48
<b>APÊNDICE 5</b> .....	54
<b>APÊNDICE 6</b> .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A importância da Matemática na Química

A Química, assim como as demais ciências exatas, exige um bom aparato matemático a fim de que haja progressão intelectual nessa disciplina. Logo, torna-se indispensável o desenvolvimento da inteligência lógico-matemática<sup>1</sup> (Gardner, 1999), uma vez que esta possibilitará ao estudante apreciar e deduzir as leis que governam a natureza. Então, é perceptível que o estudante precisa pensar criticamente, questionando as tradições, duvidando de si, consultando os livros, indagando aos professores e buscando incansavelmente o conhecimento.

Conforme Sônia (2015, p. 5):

Diversos conteúdos químicos necessitam de conhecimentos matemáticos para sua melhor compreensão e resolução de situações problema, nesse sentido, é necessário demonstrar aos alunos como a matemática pode ser utilizada em situações reais do cotidiano do aluno, estabelecendo relações pertinentes desde situações simples até as mais complexas, fazendo conexões com modelos que servem para compreender e resolver situações problema.

Um químico, além de necessitar de conhecimentos relacionados à matemática, precisa também ter o ceticismo que um filósofo possui, pois, as capacidades de questionar, duvidar, criticar, inquirir, pesquisar e interrogar são cruciais para seu desenvolvimento. Suponha que um professor, ministrando uma aula, profere as seguintes palavras: “um átomo terá, no máximo, oito elétrons em sua camada de valência”. Se o aluno receber a mensagem como um fato inquestionável, estará suscetível à incompletude, todavia, se ele for curioso, questionará o porquê e se não haverá exceções para tal regra, chegando, então, a um estado de conhecimento mais completo a respeito do tema abordado.

---

<sup>1</sup> De acordo com a teoria das inteligências múltiplas, estudada pelo psicólogo Howard Gardner, a inteligência lógico-matemática é uma das várias (nove) inteligências que um indivíduo pode desenvolver, a saber: lógico-matemática, linguística, espacial, físico-cinestésica, interpessoal, intrapessoal, musical, naturalista e existencialista.

De acordo com os quatro pilares da educação, faz-se necessário ao estudante: aprender a ser, conhecer, conviver e fazer (Delors, 2008). Então, é cabível discorrer sobre isso, pois o aluno realmente precisa aprender a ser. Ser independente autodidaticamente, como Faraday<sup>2</sup>, de modo que tenha autonomia para buscar o conhecimento de forma incondicional. Semelhantemente, o pupilo precisa aprender a conhecer, tal qual Einstein<sup>3</sup>, tendo amor e admiração pela busca irretratável e irrevogável do conhecimento. E, ainda, é indispensável aprender a conviver, analogamente à Feynman<sup>4</sup>, pois, assim, formar-se-á um cidadão consciente, harmônico, congruente e simétrico. Finalmente, o aluno necessita ser autossuficiente no quesito aprender a fazer, como Rutherford<sup>5</sup>, possuindo a arte da dúvida e da criticidade, seja na resolução de problemas, seja no convívio social, levando-se, dessa forma, à formação de um sujeito mais dotado de cidadania.

Desse modo, é pertinente mencionar como o raciocínio lógico-dedutivo pode facilitar a compreensão e o processo de ensino-aprendizagem, tornando a Química mais palpável, e a Matemática mais aplicada. É indiscutível que existe uma diferença mastodônica entre um químico que tem um vasto conhecimento de Matemática e o que não o tem, visto que essa disciplina o permite pensar de forma abstrata e linear. Portanto, é indispensável que o filósofo natural saiba criar, compreender e analisar modelos matemáticos, pois são estes que descrevem os fenômenos presentes no universo.

De acordo com Stewart (2015, p. 23):

Um modelo matemático é a descrição matemática (frequentemente por meio de uma função ou de uma equação) de um fenômeno do mundo real, como o tamanho de uma população, a demanda por um produto, a velocidade de um objeto caindo, a concentração de um produto em uma reação química, a

---

<sup>2</sup> Michael Faraday foi um físico inglês bastante conhecido por ser um autodidata nato e grande experimentalista.

<sup>3</sup> Albert Einstein foi um físico teórico alemão, amante do saber e é considerado por muitos o maior físico já existente. Seus trabalhos em movimento browniano, efeito fotoelétrico, relatividade geral e relatividade restrita são assaz importantes para ciência moderna.

<sup>4</sup> Richard Feynman foi um físico estadunidense, fundador da eletrodinâmica quântica (QED) e bastante popular entre seus contemporâneos. Além disso, Feynman era considerado muito eloquente e excepcionalmente competente na arte de fazer analogias entre fenômenos físicos e acontecimentos do cotidiano.

<sup>5</sup> Ernest Rutherford foi um físico neozelandês, conhecido por ser um hábil experimentalista e criador do famoso experimento que consistia em bombardear uma folha de ouro com partículas alfa, o que o levou a postular o modelo atômico do “sistema planetário”, em que a maior parte deste consistia de espaços vazios e no centro um núcleo denso, onde estariam prótons e nêutrons.



expectativa de vida de uma pessoa ao nascer ou o custo da redução de poluentes. O propósito desses modelos é entender o fenômeno e talvez fazer previsões sobre seu comportamento futuro.

Conforme Descartes (1596 – 1650 apud Ramos, 2017, p. 13): “a matemática dispõe de conhecimentos técnicos para a evolução de qualquer área do conhecimento”.

Segundo Heisenberg (1901 – 1976 apud GLEISER, 2006, p. 288): “gostaríamos de poder falar sobre a estrutura dos átomos, mas nós não podemos falar sobre átomos usando uma linguagem<sup>6</sup> ordinária”. Nota-se, pelas palavras de Heisenberg, que o conhecimento a respeito do átomo (objeto de estudo da Química) exige uma linguagem formal, técnica e científica, que, nesse caso, é a Matemática.

No filme *Mãos Talentosas*, uma frase é continuamente citada e diz o seguinte: “Você só precisa enxergar além do que vê”. Ao refletir e abstrair a respeito dessa citação, é evidente que a Química e a Matemática são áreas que estão intrinsecamente interligadas e que permitem enxergar além do que é observável a olho nu. Basta pensar no átomo: enquanto constituinte básico da matéria, embora não seja conhecido fenomenologicamente, há a certeza da sua existência. Quem já observou um átomo? Quem já viu um próton ou um elétron? É possível visualizar um quark (constituintes básicos de prótons e nêutrons)? Visivelmente, não. Entretanto, físicos e químicos não duvidam de sua existência, pois, juntamente, a imaginação, a experimentação e a matemática lhes permitem contemplar ares nunca antes explorados. E como dizia Albert Einstein: “A imaginação é mais importante que o conhecimento” (Einstein, 1931).

Em sua plenitude, a área do conhecimento que estuda a matéria, bem como suas transformações e energias envolvidas nos processos, é baseada no “átomo” e em todas as teorias, leis, princípios e postulados posteriores que dependem dessa ideia fundada originalmente por Demócrito e Leucipo na Grécia antiga e, séculos depois, trabalhada e aperfeiçoada por J. Dalton, L. Boltzmann, J. J. Thomson, E. Rutherford, N. Bohr, A. Sommerfeld, E. Schrödinger, W. Heisenberg, W. Pauli, P. Jordan, M. Born, P. Dirac etc. Mais especificamente, pode-se afirmar, decerto, que as químicas orgânica, inorgânica,

---

<sup>6</sup> Possivelmente, Werner Heisenberg estava se referindo a roupagem matemática da teoria quântica, referindo-se assim a sua mecânica matricial. Concomitantemente, Erwin Schrödinger desenvolveu a mecânica ondulatória, mais conhecida, pois sua compreensão é facilitada devido a formulação matemática menos abstrata.

analítica, físico-química ou até mesmo a bioquímica contribuem para o desenvolvimento da racionalidade (Ben-Dov, 1996).

Toda a Ciência Química se baseia nesse “princípio primordial” e, sem ele, não seria possível explicar os elementos, as moléculas, as substâncias, as misturas e as ligações químicas, por exemplo. Dessa forma, é indispensável ter uma imaginação fértil na ciência, pois ela facilitará galgar pelas teorias científicas de maneira mais fácil e compreensível, tornando o aprendizado mais prazeroso, efetivo e concreto. Além do mais, é sabido que a Química possui três domínios, a saber: microscópico (simbólico ou representacional), sub-microscópico e o macroscópico (fenomenológico) (Johnstone, 1982).

Ao imaginar essa fantástica, elegante e crucial área do conhecimento, constata-se a onipresença da matemática. Basta pensar em uma equação química balanceada e uma equação algébrica, pois, assim como em uma equação algébrica se faz necessário que as parcelas em ambos os lados da igualdade sejam idênticas, em uma equação química é imprescindível que todos os elementos encontrados inicialmente estejam presentes na parcela referente aos produtos nas mesmas proporções. Essa é a Lei da Conservação da Matéria ou Lei de Lavoisier, uma referência ao químico francês Antoine Laurent Lavoisier que, apesar de ter sido um voraz cobrador de impostos, sendo, por isso, guilhotinado, foi protagonista (com Robert Boyle, escritor de *O Químico Cético*) na ascensão da Alquimia para a Química, porque foi com ele que surgiu a ideia da pesagem antes e após a reação, tendo, portanto, um papel importantíssimo no surgimento da Química Moderna, visto que aquela possuía um caráter místico, e esta é fundamentada primordialmente pelo método científico. Seu livro *Tratado Elementar de Química* foi um marco na evolução dessa bela e indescritível ciência.

Vale ressaltar que existem inúmeros exemplos da constante presença da Matemática na Química, como a utilização de uma equação do segundo grau para determinação da concentração presente em um equilíbrio, dada uma concentração inicial, assim, é visível uma aplicação da famosa fórmula de Báskhara, expressão que gera dúvidas aos estudantes quanto a sua finalidade prática. Encontradas as soluções para essa equação, que nesse caso, são duas, o raciocínio químico se mostra presente, pois, em geral, uma das soluções não apresenta nenhum significado físico, sendo, portanto,

descartada. Semelhantemente, o conteúdo de Cinética Química se relaciona às propriedades das potências e equações exponenciais; a matéria de Química Nuclear possibilita uma conexão entre funções exponenciais, logarítmicas e o número de partículas após determinado tempo  $t$ ; ao trabalhar o conceito de potencial hidrogeniônico (pH), é possível dar uma aplicação aos logaritmos, bem como mostrar a importância de suas propriedades; no conteúdo de soluções, é peculiar a relação entre fração molar e frações, pois, por meio do conceito de fração molar, pode-se aplicar alguns fundamentos aprendidos em matemática básica, especificamente das propriedades das frações.

Com base no que foi supracitado, é possível parafrasear Galileu Galilei, que afirmava ser a matemática a linguagem utilizada para descrever quantitativamente os fenômenos presentes no universo (Galileu, 1623). Essa constatação ratifica a ideia de que um cientista obrigatoriamente precisa pensar e externar seus conhecimentos com rigor e formalidade, pois a natureza se utiliza de métodos cada vez mais técnicos e sofisticados para se revelar.

De acordo com Pimentel (2015, p.25):

Em se tratando da importância da matemática, hoje existe uma maior consciência da sua aplicabilidade para o desenvolvimento de muitos aspectos importantes em outras áreas de conhecimento, como por exemplo: o estudante de química precisa ter um bom conhecimento de aritmética e álgebra, funções de uma ou mais variável, cálculo, números complexos, álgebra linear e manipulação de dados, levando em consideração que estes tópicos permitem uma base para a compreensão de termodinâmica, espectroscopia e cinética, entre outros.

Ainda que tenham sido apresentados alguns casos de interligação entre as duas áreas que estão sendo abordadas neste trabalho, existem outras infindáveis situações em que a conexão entre esses campos é fundamentalmente obrigatória e indissociável. É possível refletir sobre o triângulo de Pascal e a conexão com RMN<sup>7</sup>? Como pode o comprimento da integral em um espectro de RMN<sup>1</sup>H ser diretamente proporcional à quantidade de hidrogênios presente em determinado carbono? O que dizer da transformada de Fourier utilizada para deixar os espectros obtidos por técnicas

---

<sup>7</sup> Acrônimo para Ressonância Magnética Nuclear.

espectroscópicas de forma compreensível, inteligível? Como obter as leis de velocidade sem o conhecimento de técnicas de integração? É possível compreender a velocidade instantânea de uma reação química sem o conhecimento de derivadas (taxa de variação ou inclinação da reta tangente à curva  $[ ]^8$  vs t)? E as matrizes aplicadas em Química Analítica (espectrofotometria, matrizes e sistemas lineares), Inorgânica (tabela de caracteres) e Físico-Química (determinante de Slater e matriz Hessiana)? Como pode uma constante matemática, como a constante de Euler, e, aparecer tantas vezes nos problemas de Físico-Química ( $W = -nRT \ln(V_f/V_i)$ ,  $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$ ,  $E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$  etc)? E o Teorema de Tales aplicado na dedução da lei de Raoult? É notável a conexão entre a Química e a Matemática, de modo que se torna inegável a importância e aplicabilidade da junção entre ambas as áreas.

De acordo com Ramos:

A matemática, sabidamente, provoca diversas emoções em alunos e professores: é motivo de paixão e de desespero, de encanto e de desilusão, de euforia e de nihilismo. As crenças, os valores, a aceitação social e outros fatores não menos importantes condicionam todo o processo de ensino-aprendizagem escolar dessa disciplina e podem favorecer ou dificultar as diversas etapas percorridas pelo aluno e pelo professor durante o encaminhamento dos trabalhos (2017, p.12).

## 1.2. O fascínio das equações e a aplicabilidade da Matemática Pura

Foram dois os motivos que levaram à escolha de tal tema para esta monografia. O primeiro se deve principalmente ao amor, à admiração, à paixão, ao fascínio e ao sentimento de pequenez diante de duas coisas: equação e fenômeno químico (ou físico). É indubitável e perceptível a soberania que sinto ao observar uma expressão algébrica, bem como ao conseguir interpretá-la física ou quimicamente e manipulá-la exaustivamente, sempre procurando por belas relações.

Citando o grande físico teórico Paul Dirac<sup>9</sup>: “[...]eu acho que é uma peculiaridade minha gostar de brincar com equações, apenas procurando por belas

---

<sup>8</sup> Representação química para concentração.

<sup>9</sup> Essa citação foi expressa por P. A. M. Dirac em uma entrevista realizada pelo físico e filósofo da ciência Thomas Kuhn, na casa de Dirac, em Cambridge, 1963. Disponível em: <https://citacoes.in/citacoes/1851672-paul-dirac-i-dont-suppose-that-applies-so-much-to-other-phys/> Acesso em: 06 jun, 2019.

relações matemáticas que talvez não tenham qualquer significado físico. Às vezes, elas têm”.

De acordo com Crease (2008, p.9):

A palavra equação acabou por ter um significado técnico, como parte de uma linguagem especialmente construída – referindo-se à afirmação de que duas quantidades mensuráveis, ou dois conjuntos de quantidades mensuráveis, são iguais. (No sentido estrito, então, afirmações expressando desigualdades não são equações). Nessa linguagem codificada, indispensável para a moderna matemática e para a ciência, os símbolos substituem conjuntos de outras coisas sobre as quais várias operações (adição, subtração, multiplicação e divisão são as mais simples) podem ser feitas.

Para Stewart (2014, p.9):

Os gregos não estudaram a elipse no intuito de possibilitar a teoria das órbitas planetárias de Kepler, e Kepler não formulou suas três leis do movimento planetário no intuito de Newton transformá-las em sua lei da gravitação. No entanto, a história da lei de Newton se apoia firmemente no trabalho grego relativo à elipse e na análise de dados observacionais feita por Kepler.

Ao refletir sobre o que foi supramencionado, é facilmente detectado que estudos em matemática pura são sustentáculos para áreas como química, física, geologia, oceanografia, biologia, astronomia, engenharias etc, e que muitas descobertas científicas resultaram do embasamento matemático subjacente. Por exemplo: a descoberta da antimatéria por Dirac foi um feito puramente teórico (matemático) e de uma beleza inexprimível. Igualmente, a descoberta de Einstein da Relatividade Geral foi possibilitada graças a estudos realizados por Hermann Minkowski sobre o tecido espaço-tempo 4-dimensional, assim como pesquisas efetuadas por Bernhard Riemann em Geometria Esférica (Riemanniana) e, ainda, descobertas em cálculo tensorial por Tullio Levi-Civita.

Além disso, o matemático inglês Willian Clifford publicou um livro em 1870, influenciado pelas geometrias não-euclidianas<sup>10</sup> (esférica e hiperbólica), no qual afirma que matéria e energia são simplesmente diferentes tipos de curvatura do espaço (Martins, 2001).

Semelhantemente, as descobertas realizadas por Sir Isaac Newton<sup>11</sup> foram proporcionadas com base em seus estudos referentes a outros grandes físicos e matemáticos que o precederam, máxime por: Copérnico, Tycho Brahe, Kepler e Galileu. Sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, inestimável e sem precedentes, foi um marco no ramo da física conhecido como Física Teórica. Em seu livro, Newton se utiliza de uma linguagem altamente geométrica, baseando-se, sobretudo, na escrita do geômetra grego Euclides, que escreveu *Os Elementos*<sup>12</sup>, grande clássico da matemática. É nessa obra (*Principia*) que Newton enuncia por extenso suas três leis do movimento estudadas em mecânica (especificamente, na dinâmica).

Para Ben-Dov (1996, p. 41):

Os sucessos da mecânica newtoniana influenciaram também a própria concepção da ciência. Até Newton, a ciência parecia ter por papel explicar os fenômenos, revelar as causas de seu desenrolar. Ninguém pensava em exigir dela predições numéricas precisas sobre os fenômenos naturais, pois a física aristotélica se contentava com explicações puramente qualitativas. A física de Newton era radicalmente diferente. Ela renunciou a dar uma explicação completa em termos de causas – assim, embora tenha enunciado uma lei que determinava o efeito da força de gravitação, Newton não explicou nem a natureza dessa força nem o princípio de sua ação à distância. Além disso, essa física forneceu leis matemáticas que permitiam prever os fenômenos com grande precisão. Qualquer diferença entre os resultados experimentais e os valores teóricos passou então a ser percebida como um problema a resolver.

---

<sup>10</sup> A geometria esférica foi desenvolvida por Riemann, enquanto a geometria hiperbólica foi desenvolvida por Lobachevsky e Bolyai, independentemente. Por isso, aquela é chamada de geometria Riemanniana, enquanto esta é chamada de geometria Lobachevskyana ou geometria de Bolyai-Lobachevsky.

<sup>11</sup> Sobre isso, Newton escreveu em uma carta a Robert Hooke (1676): “Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”. < <https://www.pensador.com/frase/MTMwMjY/> > Acesso em: 13 jun, 2019.

<sup>12</sup> Os elementos é um tratado (composto por treze livros) sobre geometria plana (euclideana), de valor incalculável, produzida pelo matemático grego Euclides, que viveu cerca de 300 a.C..

Com base em Crease (2008, p.12): “Quando entendemos uma equação importante pela primeira vez, vislumbramos estruturas escondidas no universo, revelando uma conexão profunda entre o mundo e o modo como o enxergamos”.

Nesse sentido, faz-se necessário mostrar e ensinar aos alunos a importância da matemática nas ciências exatas, do mesmo modo que em seu cotidiano. Também, ensiná-los a interpretar equações, gráficos, tabelas e textos, pois essas quatro metodologias são válidas para a descrição de uma função que descreve determinado fenômeno químico/físico. Conforme Stewart (2015, p. 12): “É possível representar uma função de quatro maneiras: verbalmente (palavras), numericamente (tabelas), visualmente (gráficos) e algebricamente (fórmulas)”.

Com relação ao motivo inicial, destaca-se a grandiosidade das equações de: Nernst, Gibbs-Helmholtz, Gibbs-Duhem, Van't Hoff, Clapeyron, Clausius-Clapeyron, Arrhenius, Schrödinger, Van der Waals, Born-Landé, Born-Meyer, Kapustinskii, Planck, tal como das relações de Maxwell, as regras de Hückel, da alavanca e das fases de Gibbs, as transformações de Legendre, as leis de Raoult, Henry e Kirchhoff (relação entre  $\Delta H(T_2)$ ,  $\Delta H(T_1)$ ,  $\Delta C_p(T)$  e  $T$ ) e, ainda, é encantadora a descrição matemática por trás do Princípio de Le Chatelier. Outrossim, são fascinantes, também, as teorias de Debye-Hückel, Ostwald, Kohlrausch e outras inúmeras relações algébricas e teorias microscópicas que levam quem as estuda mais profundamente ao “âmago da matéria”. Ademais, cabe aqui destacar o quanto são indispensáveis as leis da termodinâmica, a teoria atômica contemporânea e o rigor e linguagem simbólica exigidos para sua compreensão. Com efeito, esses fatores foram decisivos na escolha da abordagem temática.

### 1.3. As dificuldades na Química provenientes da Matemática

A segunda razão pela qual houve a opção do tema em questão se deve à grande dificuldade apresentada pelos estudantes em ambas as áreas e ao seu distanciamento em relação a tais disciplinas. Desse modo, considerando a importância das equações nas ciências e a deficiência que a maioria dos alunos apresenta tanto em ciências exatas quanto em matemática e suas tecnologias, foi necessário dedicar uma atenção especial ao tema gases, procurando explicar esse conteúdo sob a ótica fenomenológica ou empírica

e, em função disso, abordando álgebra e geometria, visto que facilitará a compreensão do tópico em questão.

Para Vasconcelos (2015, p):

Muitas das dificuldades dos alunos, na aprendizagem da disciplina de matemática, se encontram no fato deles apresentarem carência de um raciocínio dedutivo lógico, que prejudicam as abstrações de conceitos necessários a uma aprendizagem. De modo geral, podem ser confundidas com a memorização. São raros, os professores e alunos que compreendem esta diferença e contentam-se em decorar fórmulas e conceitos, criando suas próprias conexões.

Conforme Rocha e Vasconcelos (2016, p.1): “Existem diversos fatores que dificultam o processo de ensino e aprendizagem de química, os alunos consideram que a matéria aborda conteúdos complexos, pois estes envolvem cálculos matemáticos e equações, símbolos e conhecimentos específicos”.

Ainda segundo Rocha e Vasconcelos (2016, p. 1):

O ensino de química, igualmente ao que acontece em outras Ciências Exatas, ainda tem gerado entre os estudantes uma sensação de desconforto em função das dificuldades de aprendizagem existente no processo de aprendizagem. Comumente, tal ensino segue ainda de maneira tradicional, de forma descontextualizada e não interdisciplinar, gerando nos alunos um grande desinteresse pela matéria, bem como dificuldades de aprender e de relacionar o conteúdo estudado ao cotidiano, mesmo a química estando presente na realidade.

De acordo com Correia, De Paula e Silva (2017, p.2):

São vários os fatores que interferem no processo de aprendizagem e, nas disciplinas da área de Ciência da Natureza, esses fatores são constantes nas pesquisas. Conhecidas como disciplinas difíceis e que não despertam à



atenção dos alunos, elas possuem os piores índices de resultados nas avaliações externas. Em se tratando particularmente da Química, mesmo esta sendo uma disciplina que está presente em nosso cotidiano, existe um grande desinteresse pela mesma.

Um estudo realizado por Correia, De Paula e Silva (2017), em uma escola profissionalizante, localizada na cidade de Iguatu, comprovou que 51% de 106 alunos gostam da disciplina de Química, 43% gostam relativamente e 6% não gostam. Foi indagado o motivo pelo qual a parcela que compõe os 6% não gosta de Química, e esta informou que isso se devia principalmente ao fato de os conteúdos possuírem muitas fórmulas, o que causava dificuldade no momento das avaliações.

No mesmo estudo, Correia, De Paula e Silva realizaram uma pesquisa a respeito do nível de dificuldade em Química. Obteve-se, então, que 57% dos 106 alunos possuem dificuldades em Química. Nas palavras dos próprios autores:

Esse é um fato comum entre os estudantes do ensino médio, por ser uma disciplina bastante complexa que envolve muitos cálculos, exigindo um bom nível de raciocínio, sobretudo, quando estudamos a composição química dos elementos, estrutura, propriedades da matéria entre outros conteúdos. Alguns fatores dificultam o processo ensino-aprendizagem e, para superar isso, a disponibilidade e utilização de recursos didáticos pode ser um passo importante, uma vez que torna as aulas mais atraentes. Além disso, a relação teoria e prática e a contextualização dos conteúdos são estratégias importantes para tornar esse processo mais interessante (2017, p.5).

Para Rocha e Vasconcelos (2016, p.3):

Ensinar não é tarefa fácil, principalmente se tratando das disciplinas de exatas como química, física e matemática devido à própria representação social que as circunda. A maioria dos alunos tem uma visão errada em relação às matérias de exatas devida muitas vezes serem complexas e exigir um grau maior de concentração do aluno em sua resolução.

Um estudo realizado por Andrade, Lima, Santos e Silva, com alunos do ensino médio, em um total de 95, comprovou que a maior dificuldade dos alunos na disciplina de Química reside nas dificuldades referentes à base matemática. Nas palavras dos autores:

Foi observado que os alunos citaram a falta de “base matemática” (54,4%) como a maior dificuldade na aprendizagem de Química. Uma possível justificativa para o elevado índice dessa categoria é a ênfase, normalmente, dada pelos professores ao papel da matemática no ensino de química, ou seja, predomina um tratamento algébrico excessivo. A matemática é importante como uma ferramenta que auxiliará na compreensão da fenomenologia química, bem como a solução de problemas práticos do cotidiano (2013, p.3).

Portanto, é perceptível que a falta de conhecimentos matemáticos prévios é um dos fatores principais para um aprendizado ineficaz em ciências naturais, tendo em vista que estas necessitam corriqueiramente daqueles, pois a matemática é a ferramenta modeladora dos fenômenos presentes na natureza.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Realizar um levantamento bibliográfico e docente sobre a abordagem atual do tema gases (no ensino médio) e propor uma nova metodologia para o ensino desse tópico, de modo que seja apresentada a importância da conectividade entre a Química e a Matemática, especificamente no tema gases.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar alguns livros didáticos com a finalidade de descobrir se abordam a matemática necessária para o tópico gases;
- Aplicar um questionário para professores do ensino médio para inquiri-los a respeito da metodologia utilizada atualmente e qual a visão destes sobre a metodologia proposta;
- Propor uma nova metodologia para a abordagem do tema gases, de modo que leve em consideração a matemática como ferramenta introdutória para uma compreensão mais aprofundada e abrangente sobre o tema em questão.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está subdividida em três partes independentes. A primeira sessão está relacionada à análise de cinco livros didáticos, a segunda é a aplicação de um questionário online para professores de química do ensino médio e a terceira é uma proposta para a abordagem do tema gases no ensino médio. A primeira e a segunda etapa foram avaliadas qualitativa e quantitativamente, embora a primeira tenha sido avaliada principalmente de forma qualitativa, com a finalidade de se possuir dados estatísticos para tirar conclusões a respeito de como esse capítulo é abordado no ensino médio. A terceira e última etapa é uma descrição puramente teórica de como uma aula interdisciplinar entre química e matemática deverá ser ministrada.

#### 3.1. Análise dos livros didáticos

Realizou-se uma averiguação de alguns livros didáticos (impressos) para que fosse possível qualificar se os autores abordam ou não a matemática necessária para a melhor absorção e compreensão do tópico de gases.

Os livros analisados são, em sua maioria, referentes ao primeiro ano do ensino médio, tendo em vista que o conteúdo referido é ministrado, prioritariamente, nessa série. Com exceção do livro escrito pela Martha Reis, que aborda o conteúdo de gases no volume 2, analisou-se também alguns livros do tipo volume único. Com relação ao material didático examinado, este foi relativo a cinco autores (Feltre, Tito e Canto, Marta Reis, Sardella e BAD) e concernente a vários anos. Na tabela 1, vista abaixo, é possível observar dados sobre quais livros foram averiguados.

Tabela 1. Livros didáticos utilizados no ensino médio que abordam o tema gases

Livros	Autor (es)	Editora	Ano	Volume
Livro 1	Feltre	Moderna	2004	1
Livro 2	Tito e Canto	Moderna	2006	1
Livro 3	Martha Reis	FTD	2010	2
Livro 4	Sardella	Ática	2000	Único
Livro 5	Bianchi, Albrecht, Daltamir	FTD	2005	Único

Fonte: autor

Na figura 1, vista em seguida, observa-se a imagem de todos os livros utilizados na investigação.

Figura 1 – Fotos das capas dos livros didáticos analisados



Fonte: autor

No que concerne à análise, esta se dará qualitativamente, observando se os autores abordam ou não a matemática devida para o entendimento do tema gases. Ademais, observar-se-á o nível de profundidade da fundamentação matemática, considerando o nível de exposição, no material didático, de aspectos algébricos e geométricos sobre grandezas direta e inversamente proporcionais.

### 3.2. Aplicação do questionário

Foi aplicado um questionário de forma virtual (ver figura 2) para professores de química do ensino médio, com o fito de se obter informações sobre a metodologia utilizada atualmente para a abordagem do tema gases, a quantidade de aulas que eles têm para ministrar esse conteúdo, o tempo disponível para o ensino desse tópico etc (ver apêndice 2).

Figura 2 - Questionário investigativo

The image shows a screenshot of a Google Forms questionnaire. The form is titled "Questionário investigativo" and is set against a purple background. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, the text "Formulário sem título", a star icon, and an "ENVIAR" button. Below the navigation bar, there are two tabs: "PERGUNTAS" (selected) and "RESPOSTAS" with a count of "11". The main content area contains the following text:

Este formulário busca coletar informações sobre qual a metodologia atual utilizada pelos docentes para a abordagem do tema gases e o que eles acham de uma metodologia que procura embasar os discentes com a matemática necessária para a compreensão desse tópico (gases).

1) Qual a metodologia atual para abordagem do conteúdo de gases? \*

Texto de resposta longa

2) Quantas aulas você tem para ministrar esse conteúdo? \*

Fonte: autor

O questionário é composto por dez perguntas, sendo sete subjetivas e três objetivas.

A inspeção do questionário foi feita qualitativa e quantitativamente, dependendo do tipo de pergunta. Pode-se, então, inferir tanto sobre a metodologia aplicada atualmente quanto se os professores seriam receptivos ou não com a nova proposta. Além disso, é possível inquirir se existe tempo suficiente para a aplicação da nova metodologia e, ainda, se os alunos possuem dificuldades para assimilação de conceitos relacionados à proporção direta e inversa.

### 3.3. Proposta para a abordagem do tema gases

Essa proposta está seccionada em quatro momentos, conforme descrito em seguida.

Em cinco dias, durante dez aulas geminadas, com duração de 50 minutos cada período (totalizando um total de 500 minutos), deverá ser aplicada a metodologia com a seguinte proposta:

### **3.3.1. Parte 1**

#### **3.3.1.1 Questionário introdutório**

Aplicação inicial de um questionário para poder inferir sobre o conhecimento prévio dos alunos (30 min);

Nesta etapa da metodologia, deverá ser aplicado um questionário introdutório, com a finalidade de se mensurar superficialmente os conhecimentos dos alunos a respeito da matemática necessária para uma compreensão mais abrangente do tema gases. Aqui, serão avaliados se os estudantes possuem conhecimentos relacionados aos seguintes tópicos:

- Grandezas direta e inversamente proporcionais;
- Equação do primeiro grau;
- Função do primeiro grau;
- Gráfico de uma equação do primeiro grau;

Para se ter uma percepção sobre quais as questões o questionário deve conter, ver apêndice 3. Contudo, o professor poderá elaborar as perguntas a seu modo, desde que sejam relacionadas ao assunto.

#### **3.3.1.2 Matemática inclusa no tema gases**

Aula abordando a bagagem matemática necessária para um bom aprendizado do conteúdo de gases (100 min);

Neste momento, ministrará-se uma aula abordando os conceitos supracitados, detalhando o máximo possível as definições, os postulados, as leis etc. A razão disso é a posterior assimilação satisfatória dos estudantes. Para uma compreensão mais aprofundada e didática, deverá ser utilizado um software com a finalidade de se observar geometricamente os gráficos das relações presentes nesse assunto, como o GeoGebra Classic ou outros.

Para mais detalhes ver, no apêndice 4, a descrição minuciosa de como as aulas referentes à matemática introdutória deverão ser ministradas.

### 3.3.2. Parte 2

#### 3.2.2.1. Interpretação físico-química do comportamento dos gases

Aula relativa aos aspectos físicos e químicos da teoria e o entrelaçamento entre a Química e a Matemática (270 min);

Na terceira parte, realizar-se-á uma aula com o objetivo de se estudar o tema gases física e quimicamente, abordando seus aspectos macro e microscópicos, dando ênfase a exemplos do cotidiano dos alunos, tanto mostrando as leis físicas que regem o comportamento dos gases quanto enfatizando algébrica e geometricamente as relações de proporcionalidade existentes nestas expressões:

- Lei de Boyle:  $PV=k(T,n)$
- Lei de Charles:  $V/T=k(P,n)$
- Lei de Gay-Lussac:  $P/T=k(V, n)$
- Lei de Dalton:  $P_i=x_iP$  ou  $P=P_1 + P_2 + P_3 + \dots$
- Lei de Amagat:  $V=V_1 + V_2 + V_3 + \dots$
- Princípio de Avogadro:  $V/n=k(P,T)$
- Equação de Clapeyron:  $PV=nRT$
- Equação Geral dos gases:  $PV/T=k(n)$

Ver apêndice 5, no qual há a explicação detalhada de como essas aulas deverão ser ministradas, levando em consideração as leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac. É importante que o educador explique os outros tópicos, embora possa ter autonomia para modificar a estrutura proposta mostrada no apêndice, desde que não fuja da abordagem.

#### 3.3.2.2. Sondagem mediante uma avaliação

Avaliação final (100 min) para reflexão sobre o rendimento da metodologia proposta.

Novamente, aplicar-se-á um questionário de sondagem, com o objetivo de analisar qualitativa e quantitativamente o rendimento dos alunos após a aula ministrada.

O questionário conterà não só questões objetivas mas também subjetivas, pois isso possibilitará uma análise mais criteriosa do entendimento dos estudantes sobre o conteúdo ensinado.



No apêndice 6, está sistematizado um modelo em que o professor poderá se basear ou, em vez disso, criar o seu, obedecendo ao objetivo da proposta.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Sobre a análise dos livros didáticos

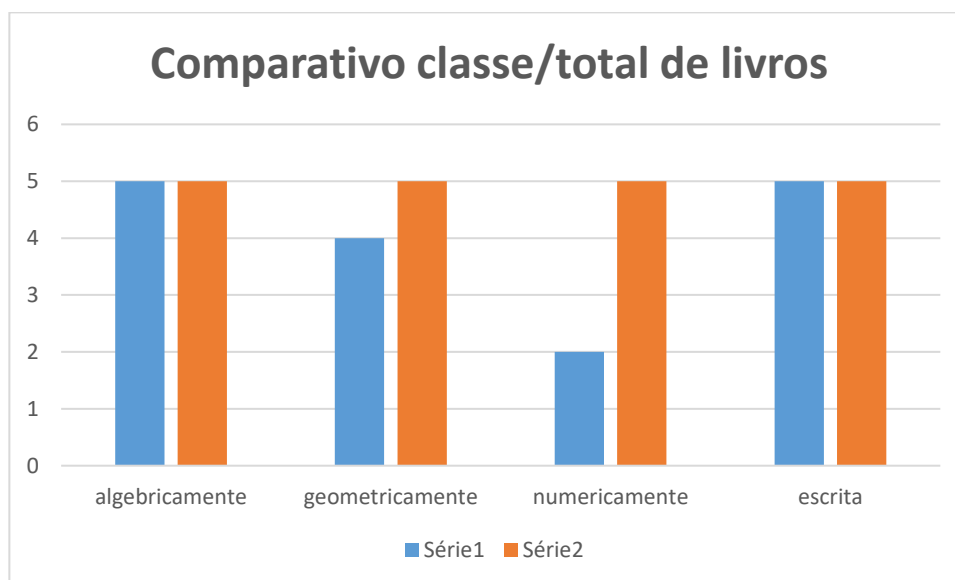
Para uma melhor compreensão dos resultados, criou-se a tabela 2 e o gráfico 1, em que é possível analisar se os livros abordam a matemática necessária no que diz respeito à álgebra, geometria, tabela (valores numéricos) e escrita. Essa investigação foi feita observando esses aspectos durante a explicação das leis dos gases e não como fundamentação introdutória, já que nenhum livro utilizou essa metodologia.

Tabela 2. Análise dos livros didáticos com relação aos quatro fatores

Feltre	Tito e Canto	Martha Reis	Sardella	BAD (livro 5)
Algebricamente	Algebricamente	Algebricamente	Algebricamente	Algebricamente
Geometricamente	Geometricamente	-----	Geometricamente	Geometricamente
Numericamente	-----	Numericamente	-----	-----
Escrita	Escrita	Escrita	Escrita	Escrita

Fonte: autor

Gráfico 1. Um comparativo entre as classes (álgebra, geometria, tabela e Gráfico 1 escrita) e o total de livros.



Fonte: autor

Conforme visto na tabela e no gráfico acima, todos os livros abordam a álgebra e a escrita no decorrer das explicações das leis dos gases, enquanto quatro dos cinco livros abordam a geometria, e apenas dois dos cinco livros descrevem numericamente relações

de proporção direta e inversa. Embora abordem a matemática durante a explicação, não a utilizam como fundamentação introdutória, ainda que essa disciplina seja de grande valia para o processo de ensino e aprendizagem.

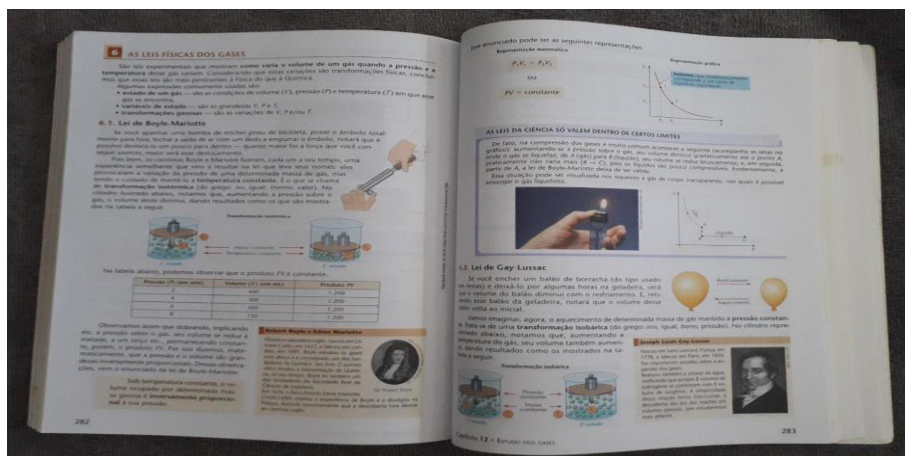
Ao analisar o livro 1 (Ricardo Feltre), foi possível constatar que este não proporciona nenhum embasamento matemático ao estudante, levando, assim, a um ensino descontextualizado e disciplinar. O autor aborda as leis dos gases, explicitando questões de proporcionalidade “nas leis dos gases”. Entretanto, não inicia com uma abordagem matemática, mostrando como as relações de proporcionalidade podem ser evidenciadas algebricamente e geometricamente. Isso é feito diretamente no conteúdo, explicando como P, T, e V variam quando uma dessas propriedades de estado permanecem constantes (Ver figura 3). O livro mostra algebricamente, numericamente e geometricamente como:

P varia com V à medida que a T permanece constante;

V varia com T à medida que a P é fixa e

P varia com T à medida que V é invariável.

Figura 3- Imagem retirada do livro referente ao autor Ricardo Feltre.



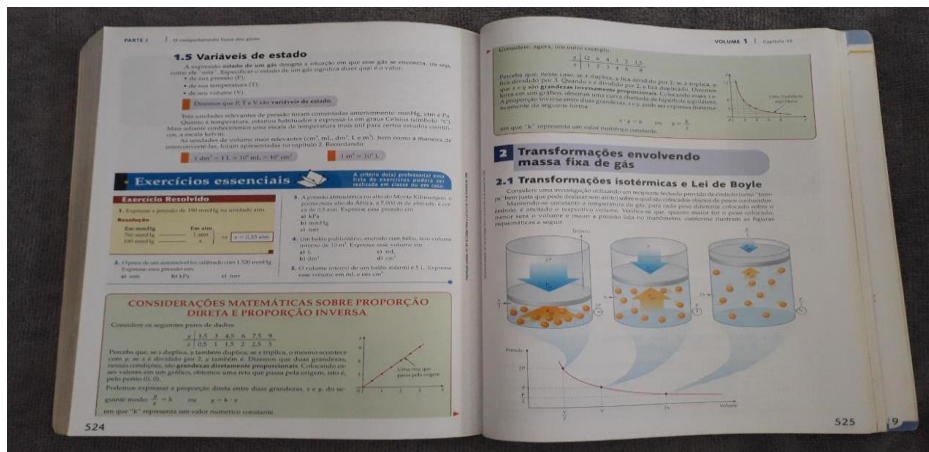
Fonte: autor

Todavia, explicar diretamente o assunto sem proporcionar a fundamentação necessária pode resultar em um rendimento insatisfatório, pois, além de necessitarem compreender o que são grandezas direta e inversamente proporcionais, ainda precisam entender as leis dos gases.

Semelhantemente ao livro 1, o livro 2 (Tito e Canto) aborda a matemática consoante às leis dos gases. Entretanto, pode-se perceber dois pontos que merecem

destaque: esse livro não mostra numericamente a relação de proporcionalidade entre duas grandezas, diferentemente do livro 1, porém, foi notável que o autor inseriu uma caixa de texto esclarecendo resumidamente relações de proporção. Nas palavras do autor: “Considerações matemáticas sobre proporção direta e proporção inversa” (Ver figura 4).

Figura 4 - Imagem retirada do livro referente aos autores Tito e Canto.

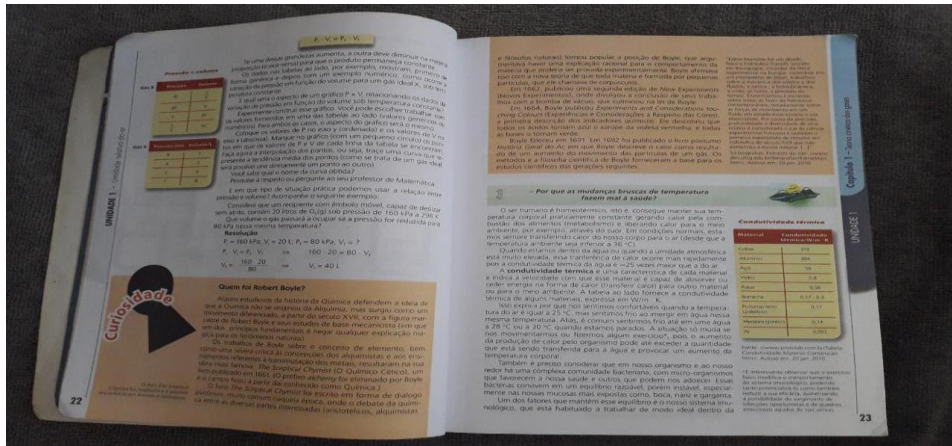


Fonte: autor

Apesar de o livro não ter abordado a matemática com riqueza de detalhes e com todas as considerações que deveria, é possível acreditar que esse subtópico auxiliou grandemente no processo de ensino-aprendizagem dos discentes, pois lhes mostrou matematicamente o comportamento generalizado de duas grandezas que variam entre si.

Com relação ao livro 3 (Martha Reis), notou-se que a autora abordou o conteúdo de gases sem a fundamentação matemática necessária, comparavelmente ao livro 1. A matemática foi expressa parcialmente no conteúdo de gases, no entanto, sem considerações gráficas, o que dificulta sobremaneira a compreensão do assunto.

Figura 5 - Imagem retirada do livro referente a autora Martha Reis

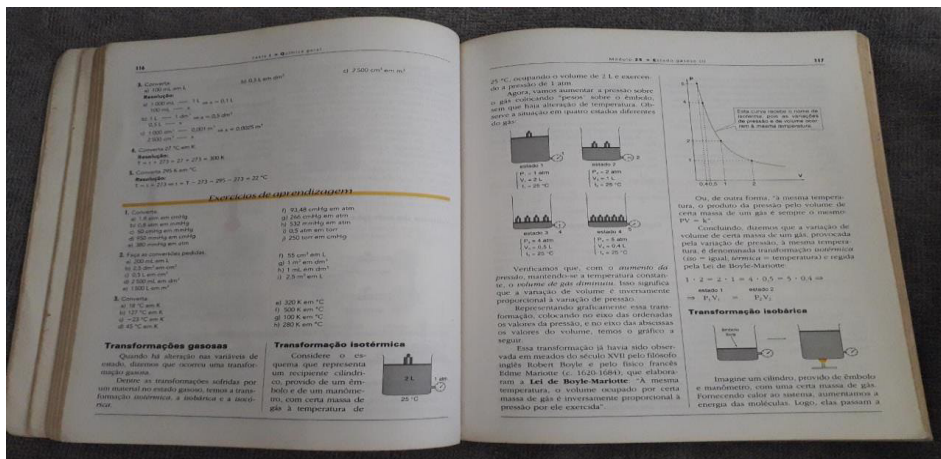


Fonte: autor

A geometria é uma ferramenta poderosa para esse tema, logo, faz-se extremamente relevante que aspectos gráficos sejam mostrados sempre que possível. Portanto, o livro deixou a desejar nesse quesito.

O livro 4 (Sardella) também não aplicou nenhuma abordagem matemática introdutória para facilitação do entendimento do tópico gases. Do mesmo modo que o livro 2, o livro 4 não efetua nenhuma visualização numérica de como duas grandezas de estados variam proporcionalmente entre si. Aborda apenas fatores algébricos e geométricos sobre como duas variáveis de estado variam ao se manter uma terceira constante. Ademais, o autor não adicionou nenhum subtópico sobre proporcionalidade para uma melhor aprendizagem do assunto (Ver figura 6).

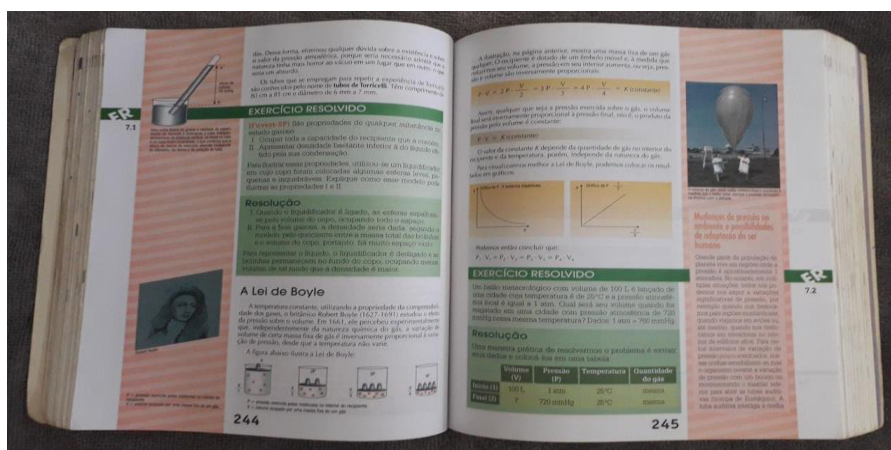
Figura 6 - Imagem retirada do livro referente ao autor Sardella



Fonte: autor

Finalmente, o livro 5 (Bianchi, Albrecht e Daltamir), foi observado que este apresenta grande semelhança com o livro 4, pois não propiciou nenhuma abordagem matemática inicial e não apresentou dados numéricos para o melhor entendimento do assunto. Não obstante, aspectos relacionados à álgebra e à geometria das grandezas foram explicitados (Ver figura 7).

Figura 7 - Imagem retirada do livro referente aos autores BAD.



Fonte: autor

Portanto, foi possível verificar que nenhum dos autores abordou a matemática como fundamentação inicial, de modo que fosse assegurado um entendimento mais criterioso sobre o assunto. O único autor que procurou aprofundar mais os alunos em relação a grandezas direta e inversamente proporcionais foi o Tito/Canto, devido a uma caixa de texto adicional, mas de forma bastante resumida.

Desse modo, pode-se concluir que é extremamente relevante que os autores propiciem um tópico introdutório sobre a matemática necessária para uma compreensão mais profunda, criteriosa e minuciosa sobre o tema em questão, pois isso possibilitará aos discentes uma visão mais abrangente e generalizada sobre o assunto.

#### 4.2. Sobre a aplicação do questionário

O questionário foi aplicado para um conjunto de onze professores do ensino médio, em uma plataforma virtual. Para uma análise mais criteriosa, serão observadas e discutidas as perguntas/respostas, uma a uma.

Figura 8 – Metodologia atual para a abordagem do tema gases



## 1) Qual a metodologia atual para abordagem do conteúdo de gases?

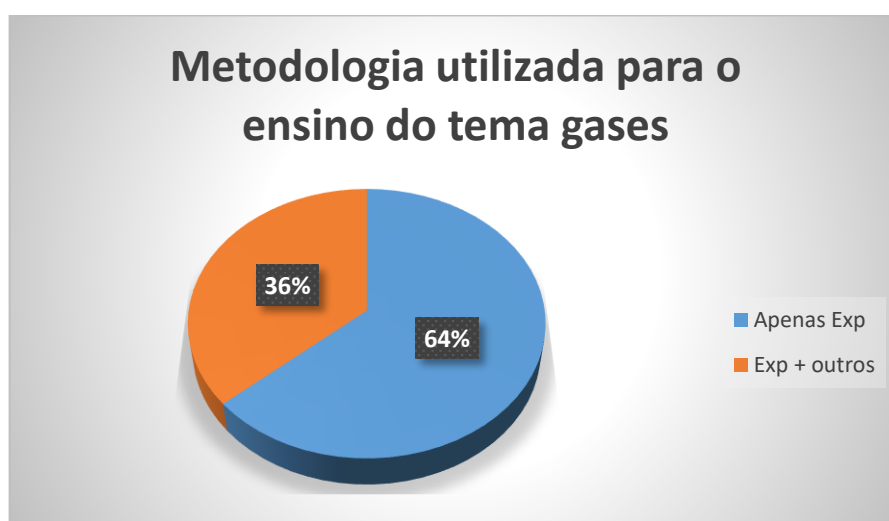
11 respostas

Aulas expositivas, explicando aos alunos as leis dos gases (Leis de Boyle, Charles, Gay-Lussac, ...).
Aulas expositivas
Uso do livro, explicação na lousa
Mais tradicional, utilizando lousa.
Aula expositiva, utilizando experimentos simples para demonstração das leis e utilização de um software de simulação para melhor compreensão do conteúdo.
Tradicional.
Aula expositiva dialogada com o auxílio de Slides (uso simulações <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/chemistry">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/chemistry</a> ) e Aula Prática.
Teórica
Apenas aula demonstrativa (quadro e caneta) ou slides.
Metodologia de ensino tradicional
Aulas de proporcionalidade e teoria dos gases e realização de experimento com câmara de gás e bomba de vácuo.

Fonte: autor

Conforme visto na figura 8, referente à primeira pergunta, todos os professores afirmam que suas aulas são predominantemente expositivas, entretanto, quatro (36 %) entre esses onze docentes mencionaram fazer uso de um outro recurso didático, facilitando, assim, a transmissão do conhecimento. Para mais detalhes, ver gráfico 2, que mostra o percentual de professores que realizam o emprego de um outro meio.

Gráfico 2. Metodologia utilizada para o ensino do tópico gases



Fonte: Autor

Logo, constata-se a necessidade da inserção de uma outra metodologia que promova um rendimento mais satisfatório no processo ensino-aprendizagem, tendo em vista que o método expositivo é, muitas vezes, ineficiente e enfadonho.

Figura 9 – Aulas determinadas para o ensino do conteúdo de gases

## 2) Quantas aulas você tem para ministrar esse conteúdo?

11 respostas

3 e 4
Entre 5 e 6 aulas
4 a 5
3 horas aula
Duas aulas semanais, no total programa 12 a 16 aulas para o referido conteúdo.
3-4 aulas.
2 semanais.
4 aulas
em tempos de aula cerca de 6
4
Geralmente, ministro aulas sobre a matemática a ser abordado no conteúdo, uma aula prática no laboratório e baseado nos resultados observados, insiro conceitos e características em aulas expositivas, que varia de acordo com o nível cognitivo de cada turma. Temos uma aula para realização e correção de exercícios e outra para aprofundamento e discussões.

Fonte: autor

Baseado no segundo questionamento (ver figura 9), evidencia-se que grande parte dos professores dizem ter uma quantidade ínfima de aulas para ministrar o tema em questão, pois a resposta mais comum foi em torno de quatro aulas, o que é sabido ser insuficiente para uma abordagem química-matemática desse tópico. Então, torna-se indispensável um aumento significativo na carga horária da disciplina, visto que esta tem papel fundamental em vários campos do conhecimento humano.



Figura 10 – Dificuldades para assimilação sobre proporção direta e inversa

### 3) Os alunos possuem dificuldades para assimilação de conceitos como grandezas direta e inversamente proporcionais, nas leis dos gases?

11 respostas

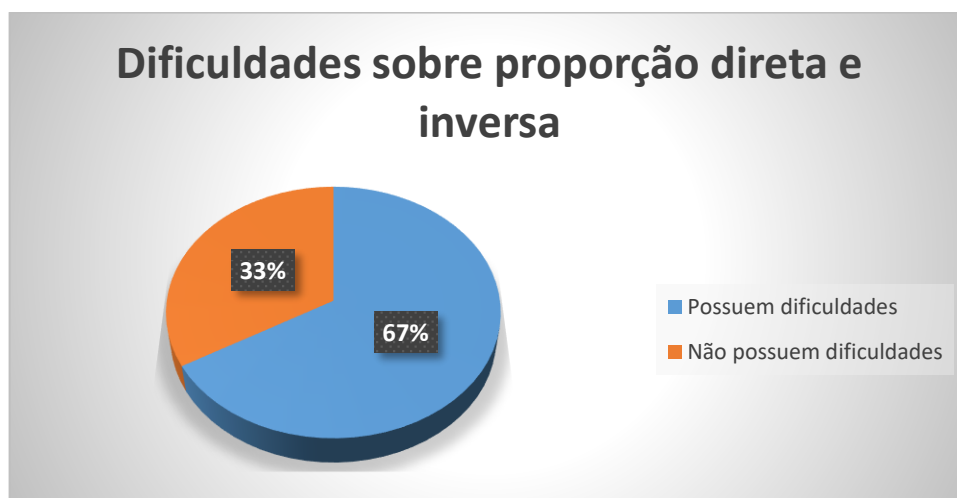
Sim
Sim, e é justamente esse o motivo de os alunos não terem um aprendizado satisfatório com relação a esse assunto.
Normalmente sim
A grandes maioria não
Sim, eles tem dificuldade em analisar se a relação entre duas grandezas são diretamente ou inversamente proporcionais.
Um pouco. Depende muito mais da contextualização na abordagem feita pelo professor, de exemplificar grandezas com essas relações de proporcionalidade, do que da própria relação entre as grandezas físicas em si.
Sobre a lei dos gases a assimilação não é tão difícil, mas quando a equação de clapeyron entra na brincadeira rrsrrs, é observável as fumaças saírem das cabeças dos alunos enquanto eles tentam assimilar kaka
Depende se já viram em física e como está o conteúdo da matemática.
Sempre foi o calcanhar de Aquiles deste conteúdo mas, as práticas laboratoriais ajudam muito na compreensão das proporcionalidades.

Fonte: autor

Pelos dados obtidos com as respostas da terceira pergunta (ver figura 10), fica claro que a maioria (67%) dos discentes apresenta realmente dificuldades na assimilação e compreensão de conceitos envolvendo proporção direta e inversa (ver gráfico 3). Dos nove docentes que responderam a essa indagação, foi possível constatar que as respostas 1, 2, 3, 5, 8 e 9 significam (sim) que os alunos possuem deficiências para entender essas relações.

É evidente, pelas palavras expressas, que a matemática é realmente o calcanhar de Aquiles desse assunto e, portanto, fica nítida a carência da abordagem matemática introdutória como ferramenta facilitadora para o processo de ensino e aprendizagem.

Gráfico 3. Dificuldades sobre proporção direta e inversa



Fonte: autor

Figura 11 – Opinião dos docentes sobre a metodologia proposta

4) Qual a sua opinião sobre uma metodologia que trata da abordagem matemática necessária para compreensão do tema gases anteriormente a esse conteúdo propriamente dito ser ministrado?

11 respostas

Muito relevante, tendo em vista que os alunos terão um embasamento maior para o entendimento das leis dos gases. Observa-se que muitos alunos até compreendem, pelo senso comum, o que são grandezas direta e inversamente proporcionais, todavia não conseguem demonstrar esse conhecimento utilizando a álgebra e a geometria. Portanto, faz-se extremamente necessário mostrar aos alunos como aplicar a matemática em favorecimento da Química.

Necessária, já que a maior dificuldade dos estudantes na Química de modo geral está sempre associada ao uso de conceitos matemáticos

Acho interessante. Mas, a abordagem matemática também pode acontecer no desenrolar do assunto.

Ajudaria na compreensão dos fenômenos e comportamentos dos gráficos

Acredito que seria de grande utilidade e facilitaria a compreensão do conteúdo a ser trabalhado.

Parece-me boa, mas a abordagem matemática necessária para a compreensão do conteúdo de gases, no ensino médio, deve respeitar os limites dos conhecimentos dos alunos, e não se prolongar muito, pois corre um sério risco de tornar-se enfadonho. As aulas de matemática costumam tomar uma parte considerável das aulas semanais dos alunos.

Importante, mas o ideal é que essas aulas sejam planejadas na semana pedagógica entre os professores envolvidos para que haja uma interdisciplinariedade integral, e não apenas por causa da aula de química.

Relevante

Boa, desde que haja embasamento teórico.

Acredito que melhoraria o desenvolvimento dos alunos na compreensão do assunto visto que muitos ficam limitados ao entendimento apenas teórica já que não conseguem articular as ferramentas matemáticas que dão o suporte necessário.

É a base e por isso a necessidade de uma abordagem anterior. Trata-se de um requisito básico necessário para a representação matemática do fenômeno. Quando não a consideramos, o processo de compreensão torna-se frágil e fadado ao fracasso.

Fonte: autor

Conforme as respostas da quarta indagação (ver figura 11), nota-se o quão necessário é a abordagem matemática introdutória, pois todos os docentes afirmam ser de grande relevância para uma melhor efetuação do processo transmissão-recepção de conhecimentos. Apesar de um dos professores afirmar que “deve respeitar os limites dos conhecimentos dos alunos”, ele enfatiza inicialmente tratar-se de boa proposta.

Para outro educador, essa metodologia deveria ser aplicada conjuntamente, entre os professores de matemática, química e física, promovendo, dessa maneira, um aprendizado mais eficiente, menos seccionado e departamentalizado. Assim, o tutor está se referindo ao processo interdisciplinar, em que há o cambiamento entre várias áreas do saber que se complementam e se dissolvem.

E, ainda, para alguns, a matemática é a base, o que resulta na necessidade da abordagem inicial, pois esta fundamentará o estudante com os métodos matemáticos aplicáveis ao conteúdo em questão.

Figura 12 – Opinião dos docentes se existe ou não tempo para aplicação da metodologia proposta.

### 5) Existe tempo suficiente para que a metodologia da questão anterior seja aplicada?

11 respostas

Acredito que sim.
Não
Existe.
Talvez não, porém com organização o professor poderia inserir isso no plano de curso.
Infelizmente o tempo é o problema, visto que a disciplina de química possui carga horária baixa nas escolas públicas.
Depende. O tempo depende do que será abordado e como será abordado.
Se for feito com planejamento, sim.
Não.
Sim.
Não

Varia de acordo com o nível de cada turma. Há casos em que a dificuldade em matemática atrasa a implementação da fundamentação teórica, e o contrário. Trata-se de uma prática que possui infinitas possibilidades e resultados. O sucesso dessa prática, em sua maioria, é bastante exitosa mas não garante sua plenitude. Esse é o grande desafio do professor de química contemporâneo, buscar novas metodologias e estratégia para promover a compreensão dos conteúdos.

Fonte: autor

Gráfico 4. Existência ou inexistência de tempo para a aplicação da metodologia proposta



Fonte: autor

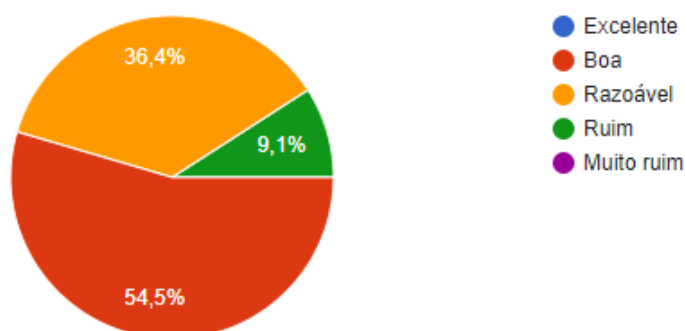
De acordo com os dados referentes ao questionamento cinco (ver figura 12), foi observado que apenas três (27%) professores, dos onze que responderam, mencionaram existir tempo suficiente para a aplicação da metodologia proposta (ver gráfico 4). Logo, percebe-se que a questão do tempo é um fator preponderante para a inaplicabilidade da metodologia proposta.

Sendo assim, torna-se de fundamental importância que a carga horária da disciplina de química seja revisada, pois essa área permite uma contextualização infinda com diversos campos do conhecimento humano. Porém, o tempo determinado para o ensino de química interdisciplinarmente é assaz insuficiente.

Figura 13 – Avaliação dos professores sobre a metodologia atual

### 6) Como você avaliaria a metodologia atual para a abordagem do tema gases?

11 respostas



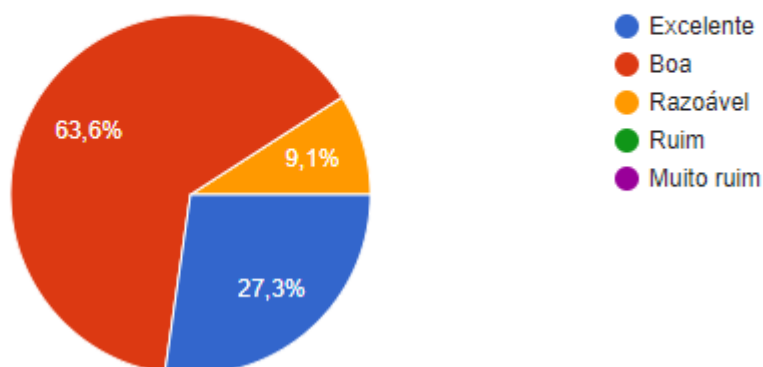
Fonte: autor

Com base no gráfico presente na figura 13, visto anteriormente, constata-se que 54,5% dos tutores avaliam a metodologia atual como boa, enquanto 36,4% defendem que esta é razoável. O fato de mais da metade dos professores dizerem que o método atual é bom pode estar relacionado a aqueles aplicarem este desde muito tempo, afinal, é difícil modificar o que lhe é favorável. O percentual que avaliou a metodologia contemporânea como ruim pode estar relacionado ao baixo rendimento advindo da aplicação desta, já que cerca de 67% afirmaram que os alunos possuem dificuldades para compreender conceitos referentes à proporção direta e inversa (ver gráfico 3).

Figura 14 - Avaliação dos professores sobre a metodologia atual

## 7) O que você acha da metodologia proposta?

11 respostas



Fonte: autor

Pela observação do gráfico presente na figura 14, pode-se argumentar que a maioria (63,6%) defendeu que a proposta da presente monografia é boa, enquanto 27,3% dizem tratar-se de um procedimento excelente e para 9,1% dos que responderam ao questionário, essa receita é razoável. Pode-se inferir, analisando as respostas dos docentes, que o despreparo, a falta de conhecimentos matemáticos e a questão da carga horária da disciplina podem ser os principais fatores que os levaram à afirmação de que a nova proposta é simplesmente boa. Portanto, faz-se necessário um investimento maior na formação continuada, pois esta aumentaria a bagagem de conhecimento e possibilitaria uma preparação maior aos docentes.

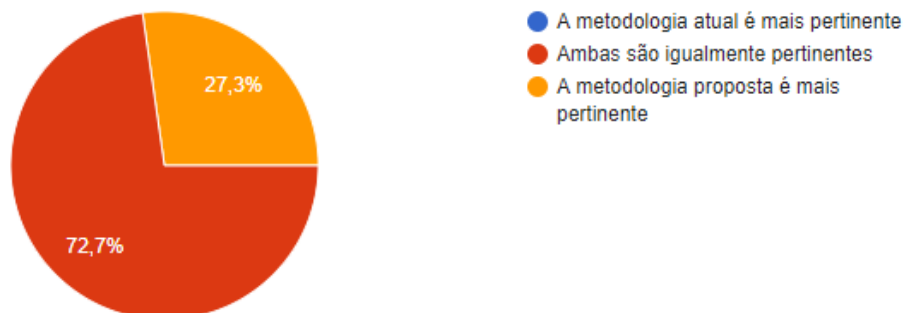
De acordo com Pimentel (2015, p. 21):

Há necessidade de maiores investimentos na formação inicial e continuada do professor, devendo para isto, serem levantadas reflexões e discussões sobre metodologias, recursos didáticos e novas formas que possam favorecer a construção do conhecimento matemático, aplicado a outras áreas do conhecimento, pois não se pode desejar melhorar a educação básica sem melhorar também os cursos de formação de professores [...].

Figura 15 – Comparativo entre ambas as metodologias

### 8) A metodologia proposta é melhor do que a atual?

11 respostas



Fonte: autor

É notável, como observado no gráfico contido na figura 15, que 72,7% dos professores afirmam que ambas as metodologias são igualmente válidas, o que era previsível, já que muitos docentes disseram que as duas propostas são boas (ver figuras 13 e 14).

Figura 16 - Abordagem matemática do livro didático

### 9) O material didático utilizado aborda a matemática necessária para o entendimento do tema gases?

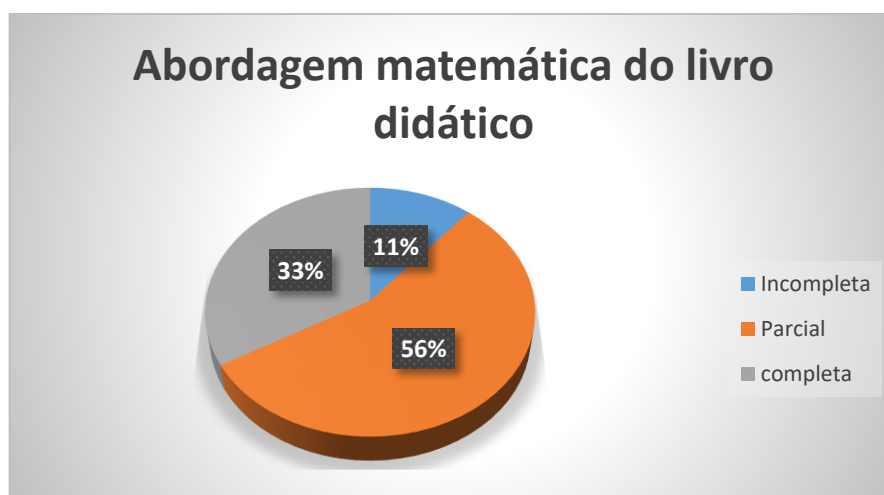
11 respostas

Não
Sim
Aborda parcialmente, pois não explica com a riqueza de detalhes que deveria.
De maneira razoável, sim
Aborda sim.
Acredito que dentro das possibilidades, os recursos didáticos adotados ajudam na exposição dos conteúdos, contudo o livro didático muitas vezes é muito razo.
Sim.
Do livro de Química, ainda se faz necessário algo mais didático.
A ideia de utilizar a contextualização do estudo dos gases com matemática sugere a implementação de uma proposta pedagógica integrada e possibilita discussão das parcerias entre as áreas do conhecimento.

Fonte: Autor

Baseado na análise das respostas da pergunta acima (ver figura 16), conclui-se que a maioria (56%, como se observa no gráfico 5) dos docentes afirmam que os livros didáticos abordam a matemática necessária apenas parcialmente, evidenciando-se, desse modo, a mastodôntica escassez de base algébrica e geométrica apresentada pelo material didático tradicional.

Gráfico 5. Abordagem matemática do livro didático



Fonte: Autor

Figura 17 – Receptividade dos estudantes a respeito da metodologia proposta

10) Você acha que os alunos seriam receptivos com a abordagem proposta?

11 respostas

Sim
Creio que sim, desde que o professor saiba interligar os assuntos, tornando-os interessantes, prazerosos e aplicáveis à realidade e ao cotidiano dos discentes.
Acredito que sim
Acredito que sim.
Acredito que sim, visto que a matemática sempre é a parte que os alunos têm matemática.
Acho que de início eles seriam resistentes visto que seriam mais aulas de matemática, porém aos poucos veriam os resultados positivos dessa abordagem.
Isso dependeria de muitos fatores: tempo que levaria, material de apoio, contextualização da abordagem, etc.
Sim.
Acho que sim.
Não tenho dúvida que essa abordagem metodológica favorece a contextualização e o interesse dos educandos pelos conteúdos estudados. Acredito que o ideal seria inserir os conteúdos de matemática num cronograma de reforço de matemática e a realização de sua aplicação pelo professor de química.

Fonte: autor



Com base nas respostas da décima pergunta (ver figura 17), fica evidente que os docentes acreditam que os alunos seriam assaz receptivos com uma metodologia que aborda a matemática como proposta edificadora para as interpretações físico-químicas dos fenômenos presentes na natureza.

Portanto, é fato que fazer uso de uma metodologia que visa abordar inicialmente a matemática necessária para o entendimento do tema gases é crucial, pois isso atuará como ferramenta propiciadora do desenvolvimento discente-docente, tornando-os atores principais no palco de sua existência e, não meramente espectadores. Além disso, essa proposta promove em quem as aborda uma visão mais aguçada sobre o mundo e o modo como o enxergamos, pois esta atua primordialmente na alfabetização científica dos alunos, fazendo com que estes sejam mais racionais, lógicos e concisos nas tomadas de decisões, na interpretação de textos, na arte da dúvida, entre outras.

## EPÍLOGO

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que o ensino de química ainda se dá de maneira disciplinar, tradicional e descontextualizada. Logo, faz-se necessário haver uma reforma no plano pedagógico da disciplina, de modo que esta seja ensinada levando em consideração os aspectos físicos e matemáticos que permeiam essa ciência.

Com base na inspeção dos livros didáticos, foi verificado que, em sua totalidade, nenhum abordou a matemática como fundamentação e sustentáculo para a construção do raciocínio químico, todavia, isso foi realizado no decorrer das explicações referentes às leis dos gases, embora de forma incompleta. Portanto, é preciso que os autores forneçam um tópico inicial, abordando os aspectos algébricos, geométricos, numéricos e escritos sobre o comportamento de grandezas direta e inversamente proporcionais, pois esse aprofundamento matemático servirá como alicerce para a construção e o entendimento do fenômeno físico-químico.

Ao analisar as respostas obtidas pela aplicação do questionário, pode-se perceber que a maioria dos professores confirmam que os alunos possuem dificuldades para assimilação de conceitos sobre proporção direta e inversa. Então, é indubitável a carência de uma base inicial. No entanto, grande parte dos docentes afirmaram que a questão do tempo é complicada e que talvez não seja possível a aplicação de uma metodologia que visa ministrar uma aula introdutória no que se refere à matemática aplicada ao tema gases. Portanto, é imprescindível uma revisão na carga horária da disciplina de química, tendo em vista que esta é crucial para o desenvolvimento científico, tecnológico e intelectual. Além disso, sabe-se da importância dessa área em questões sociais, políticas e ambientais, o que é um argumento consistente para o aumento da sua carga horária, haja vista que se tornaria favorável à aplicação das metodologias CTSA<sup>13</sup> e QSC<sup>14</sup>.

Em suma, conclui-se que a matemática é a linguagem do universo, como escreveu Galileu, e que ainda é o “calcanhar de Aquiles” da maioria dos discentes, conforme expressou determinado docente que respondeu ao questionário.

---

<sup>13</sup> Acrônimo para Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

<sup>14</sup> Sigla referente a Questões Sociocientíficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSALO, José Maria Filardo. Eletrodinâmica Quântica / José Maria Filardo Bassalo – 2. ed. – São Paulo : Editora Livraria da Física, 2006.

BEN-DOV, Yoav. Convite à física / Yoav Ben-Dov; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica, Henrique Lins de Barros. – Rio de Janeiro: Zahar, 1996.

BIANCHI, J. C. A.; ALBRECHT, C. H.; DALTAMIR, J. M. Universo da química: ensino médio : volume único – 1. Ed. – São Paulo : FTD, 2005.

CREASE, R. P. As grandes equações: a história das fórmulas matemáticas mais importantes e os cientistas que as criaram / Robert P. Crease; tradução Alexandre Cherman. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

DESCARTES, R. Discurso do método. Trad. de Ciro Mioranza. São Paulo: Escala Educacional, 2006. (Série Filosofar)

DIRAC, P. Disponível em: <<https://citacoes.in/citacoes/1851672-paul-dirac-i-dont-suppose-that-applies-so-much-to-other-phys/>> Acesso em: 06 jun, 2019.

EINSTEIN, A. Sobre Religião Cósmica e Outras Opiniões e Aforismas, 1931. Disponível em:

[https://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,642115,Imaginacao\\_intuicao\\_e\\_inspiracao\\_criativas,642115,5.htm](https://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,642115,Imaginacao_intuicao_e_inspiracao_criativas,642115,5.htm). Acesso em: 02 Jul. 2019.

FELTRE, R. 1928 - Química – 6. Ed. vol. 1 – São Paulo : Moderna, 2004.

FONSECA, M. R. M. Química : meio ambiente, cidadania, tecnologia. – 1. Ed. – São Paulo : FTD, 2010. – (Coleção Química, meio ambiente, cidadania, tecnologia; v. 2)

GALILEU, G. O ensaiador. 1623.

Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/guaiaraca/article/viewFile/3230/2328>

Acesso em: 02 Jul. 2019.

GARDNER, Howard. Inteligência: um conceito reformulado. Rio de Janeiro: Objetiva, 1999.

GLEISER, M. A dança do universo: dos mitos de criação ao Big Bang – São Paulo : Companhia das Letras, 2006.

JOHNSTONE, A. 1982.

Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1974-2.pdf> Acesso em: 02 Jul. 2019.

MARTINS, J. B. A história do átomo – de Demócrito aos quarks; Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2001.

PERUZZO, F. M. Química na abordagem do cotidiano / Francisco Miragaia Peruzzo (Tito), Eduardo Leite do Canto. – 4. Ed. – São Paulo : Moderna, 2006.

RAMOS, T. C. A IMPORTÂNCIA DA MATEMÁTICA NA VIDA COTIDIANA DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL II

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Florianópolis. Disponível em: . Acesso em: 16 de jun. 2017.

SANTOS A. O.; SILVA. R. P.; ANDRADE D.; LIMA J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química)

SARDELLA, A. Química / Antônio Sardella. Ática, 2000. -. (Série NOVO ENSINO MÉDIO, volume único)

SILVA, V C.; CORREIA, J. A. V.; DE PAULA, N. L. M. O ensino da Química nas turmas de 2º ano do ensino médio em uma escola profissionalizante do município de Iguatu/CE.

SÔNIA, M. P. M. Multidisciplinaridade: como trabalhar química e matemática através da modelagem.

STEWART, I. 1945 – Em busca do infinito: uma história da matemática dos primeiros números à teoria do caos/Ian Stewart; tradução George Schlesinger; revisão técnica Samuel Jurkiewicz. -1.ed. – Rio de Janeiro: Zahar, 2014.

STEWART, J. Cálculo, volume 1 / James Stewart ; tradução EZ2 Translate. – São Paulo : Cengage Learning, 2015.

PIMENTEL, Z. S. P. Sobre a importância da matemática aplicada: análise de conteúdos programáticos nos planos de ensino dos cursos de licenciatura em ciências da natureza, Biologia e Química – Rio Grande do Sul , 2015 - 74 p.

Mãos talentosas: a história de Ben Carson. Produção de Dan Angel e David. A. Rosemont. Direção: Thomas Carter. Estados Unidos, Fevereiro de 2009.  
<https://filmow.com/maos-talentosas-a-historia-de-ben-carson-t9828/ficha-tecnica/>

VASCONCELOS, C. C. Ensino-aprendizagem da matemática: velhos problemas, novos desafios. 2015.

## APÊNDICE 1

### Alguns exemplos de equações que apresentam comportamento de proporcionalidade

$$F=GmM/r^2 \quad (\text{Lei da gravitação universal de Newton})$$

$$F=KqQ/r^2 \quad (\text{Lei de Coulomb})$$

$$P_i=X_iP_i^* \quad (\text{Lei de Raoult})$$

$$F=-kx \quad (\text{Lei de Hooke})$$

$$E=h\nu \quad (\text{Equação de Planck})$$

$$c=\lambda\nu \quad (\text{Equação fundamental da ondulatória})$$

$$E=hc/\lambda \quad (\text{Junção das duas equações anteriores})$$

$$E_n=-R_H(1/n^2) \quad (\text{Equação de Bohr})$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2 \quad (\text{Princípio da incerteza de Heisenberg})$$

$$[H_3O^+][OH^-]=10^{-14} \quad (\text{auto ionização da água à } 25^\circ\text{C})$$

$$K_a K_b = K_w \quad (\text{Relação } K_a \text{ e } K_b \text{ da base conjugada})$$

$$K_{eq}=[C]^c[D]^d/[A]^a[B]^b \quad (\text{Lei de Guldberg-Waage})$$

$$v=k[A]^m[B]^n \quad (\text{Lei de velocidade})$$

$$\Delta T_{eb}=K_{eb}w_i \text{ e } \Delta T_c=K_cw_i \quad (\text{Ebulioscopia e Crioscopia})$$

$$\Pi=MRTi \quad (\text{Equação de Van't Hoff})$$

$$P=F/A$$

$$\lambda =h/p=p/h/mv \quad (\text{Dualidade onda-partícula de De Broglie})$$

$$A=c\epsilon l \quad (\text{Lei de Lambert-Beer})$$

$$a_c=v^2/R \quad (\text{Movimento circular})$$

$$f=1/T \quad (\text{relação frequência-período})$$

$$\omega=2\pi/T=2\pi f \quad (\text{Frequência angular})$$

$$K=M\alpha^2/(1-\alpha) \quad (\text{Lei de Diluição de Ostwald – Eletrólitos Fracos})$$

$$C=2\pi R \text{ e } A=\pi R^2 \quad (\text{Comprimento e área da circunferência})$$

$$I=\sigma T^4 \quad (\text{Lei de Stefan-Boltzmann})$$

$$\lambda_{\text{máx}}T=b \quad (\text{Lei de Wien})$$

$$K= E-\Phi=h\nu-\Phi \quad (\text{Efeito fotoelétrico})$$

$$P_i=-X_jP_i^* + P_i^* \quad (\text{Lei de Raoult em função da fração molar do soluto})$$

$$P=-\rho gh + P_{\text{atm}} \quad (\text{Lei de distribuição barométrica})$$

$$T_K/K=T_C/^{\circ}C + 273,15 \quad (\text{Equação para interconversão graus Celsius-Kelvin})$$

$$x=x_0 + vt \text{ ou } v=v_0 + at \quad (\text{Equações da cinemática})$$

$$\Lambda_M=\Lambda_{\infty} - k\sqrt{c} \quad (\text{Lei de Kohlrausch – Eletrólitos Fortes})$$

$$\Delta G=\Delta H-T\Delta S \text{ e } \Delta A=\Delta U-T\Delta S \quad (\text{Energia livre de Gibbs e de Helmholtz})$$

$$P_J=X_Jk_J \text{ e } S=k_JP \quad (\text{Leis de Henry})$$

## APÊNDICE 2

### QUESTIONÁRIO

- 1) Qual a metodologia atual para abordagem do conteúdo de gases?
- 2) Quantas aulas você tem para ministrar esse conteúdo?
- 3) Os alunos possuem dificuldades para assimilação de conceitos como grandezas direta e inversamente proporcionais, nas leis dos gases?
- 4) Qual a sua opinião sobre uma metodologia que trata da abordagem matemática necessária para compreensão do tema gases anteriormente a esse conteúdo propriamente dito ser ministrado?
- 5) Existe tempo suficiente para que a metodologia da questão anterior seja aplicada?
- 6) Como você avaliaria a metodologia atual para a abordagem do tema gases?  
( ) Excelente ( ) Boa ( ) Razoável ( ) Ruim ( ) Muito ruim
- 7) O que você acha da metodologia proposta?  
( ) Excelente ( ) Boa ( ) Razoável ( ) Ruim ( ) Muito ruim
- 8) A metodologia proposta é melhor do que a atual  
( ) A metodologia atual é mais pertinente  
( ) Ambas são igualmente pertinentes  
( ) A metodologia proposta é mais pertinente
- 9) O material didático utilizado aborda a matemática necessária para o entendimento do tema gases?
- 10) Você acha que os alunos seriam receptivos com a abordagem proposta?



## ANEXO 1

Questionário respondido diretamente da plataforma online

1) Qual a metodologia atual para abordagem do conteúdo de gases?<sup>11</sup> respostas

Aulas expositivas, explicando aos alunos as leis dos gases (Leis de Boyle, Charles, Gay-Lussac, ...).

Aulas expositivas

Uso do livro, explicação na lousa

Mais tradicional, utilizando lousa.

Aula expositiva, utilizando experimentos simples para demonstração das leis e utilização de um software de simulação para melhor compreensão do conteúdo.

Tradicional.

Aula expositiva dialogada com o auxílio de Slides (uso simulações

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/chemistry](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/chemistry)) e Aula Prática.

Teórica

Apenas aula demonstrativa (quadro e caneta) ou slides.

Metodologia de ensino tradicional

Aulas de proporcionalidade e teoria dos gases e realização de experimento com câmara de gás e bomba de vácuo.

2) Quantas aulas você tem para ministrar esse conteúdo?<sup>11</sup>

respostas

3 e 4

Entre 5 e 6 aulas

4 a 5

3 horas aula

Dois aulas semanais, no total programa 12 a 16 aulas para o referido conteúdo.

3-4 aulas.

2 semanais.

4 aulas

em tempos de aula cerca de 6

4

Geralmente, ministro aulas sobre a matemática a ser abordado no conteúdo, uma aula prática no laboratório e baseado nos resultados observados, insiro conceitos e características em aulas expositivas, que varia de acordo com o nível cognitivo de cada turma. Temos uma aula para realização e correção de exercícios e outra para aprofundamento e discussões.

3) Os alunos possuem dificuldades para assimilação de conceitos como grandezas direta e inversamente proporcionais, nas leis dos gases?<sup>11</sup> respostas

Sim

Sim, e é justamente esse o motivo de os alunos não terem um aprendizado satisfatório com relação a esse assunto.

Normalmente sim

A grandes maioria não

Sim, eles tem dificuldade em analisar se a relação entre duas grandezas são diretamente ou inversamente proporcionais.

Um pouco. Depende muito mais da contextualização na abordagem feita pelo professor, de exemplificar grandezas com essas relações de proporcionalidade, do que da própria relação entre as grandezas físicas em si.

Sobre a lei dos gases a assimilação não é tão difícil, mas quando a equação de clapeyron entra na brincadeira rrsrsrs, é observável as fumaças saírem das cabeças dos alunos enquanto eles tentam assimilar kaka

Depende se já viram em física e como está o conteúdo da matemática.

Sempre foi o calcanhar de Aquiles deste conteúdo mas, as práticas laboratoriais ajudam muito na compreensão das proporcionalidades.

#### 4) Qual a sua opinião sobre uma metodologia que trata da abordagem matemática necessária para compreensão do tema gases anteriormente a esse conteúdo propriamente dito ser ministrado?<sup>11</sup> respostas

Muito relevante, tendo em vista que os alunos terão um embasamento maior para o entendimento das leis dos gases. Observa-se que muitos alunos até compreendem, pelo senso comum, o que são grandezas direta e inversamente proporcionais, todavia não conseguem demonstrar esse conhecimento utilizando a álgebra e a geometria. Portanto, faz-se extremamente necessário mostrar aos alunos como aplicar a matemática em favorecimento da Química.

Necessária, já que a maior dificuldade dos estudantes na Química de modo geral está sempre associada ao uso de conceitos matemáticos

Acho interessante. Mas, a abordagem matemática também pode acontecer no desenrolar do assunto.

Ajudaria na compreensão dos fenômenos e comportamentos dos gráficos

Acredito que seria de grande utilidade e facilitaria a compreensão do conteúdo a ser trabalhado.

Parece-me boa, mas a abordagem matemática necessária para a compreensão do conteúdo de gases, no ensino médio, deve respeitar os limites dos conhecimentos dos alunos, e não se prolongar muito, pois corre um sério risco de tornar-se enfadonho. As aulas de matemática costumam tomar uma parte considerável das aulas semanais dos alunos.

Importante, mas o ideal é que essas aulas sejam planejadas na semana pedagógica entre os professores envolvidos para que haja uma interdisciplinariedade integral, e não apenas por causa da aula de química.

Relevante

Boa, desde que haja embasamento teórico.

Acredito que melhoraria o desenvolvimento dos alunos na compreensão do assunto visto que muitos ficam limitados ao entendimento apenas teórica já que não conseguem articular as ferramentas matemáticas que dão o suporte necessário.

É a base e por isso a necessidade de uma abordagem anterior. Trata-se de um requisito básico necessário para a representação matemática do fenômeno. Quando não a consideramos, o processo de compreensão torna-se frágil e fadado ao fracasso.

#### 5) Existe tempo suficiente para que a metodologia da questão anterior seja aplicada?<sup>11</sup> respostas

Acredito que sim.

Não

Existe.

Talvez não, porém com organização o professor poderia inserir isso no plano de curso.

Infelizmente o tempo é o problema, visto que a disciplina de química possui carga horária baixa nas escolas públicas.

Depende. O tempo depende do que será abordado e como será abordado.

Se for feito com planejamento, sim.

Não.

Sim.

Não

Varia de acordo com o nível de cada turma. Há casos em que a dificuldade em matemática atrasa a implementação da fundamentação teórica, e o contrário. Trata-se de uma prática que possui infinitas possibilidades e resultados. O sucesso dessa prática, em sua maioria, é bastante exitosa mas não garante sua plenitude. Esse é o grande desafio do professor de química contemporâneo, buscar novas metodologias e estratégia para promover a compreensão dos conteúdos.

## 6) Como você avaliaria a metodologia atual para a abordagem do tema gases?<sup>11</sup> respostas

Excelente, Boa, Razoável, Ruim Muito, ruim: 9,1% 36,4% 54,5%

Excelente 0

Boa 6

Razoável 4

Ruim 1

Muito ruim 0

## 7) O que você acha da metodologia proposta?<sup>11</sup> respostas

Excelente, Boa, Razoável, Ruim Muito, ruim: 9,1% 63,6% 27,3%

Excelente 3

Boa 7

Razoável 1

Ruim 0

Muito ruim 0

## 8) A metodologia proposta é melhor do que a atual?<sup>11</sup> respostas

A metodologia atual é mais pertinente, Ambas são igualmente pertinentes, A metodologia proposta é mais pertinente: 27,3% 72,7%

A metodologia atual é mais pertinente 0

Ambas são igualmente pertinentes 8

A metodologia proposta é mais pertinente 3

## 9) O material didático utilizado aborda a matemática necessária para o entendimento do tema gases?<sup>11</sup> respostas

Não

Sim

Aborda parcialmente, pois não explica com a riqueza de detalhes que deveria.

De maneira razoável, sim

Aborda sim.

Acredito que dentro das possibilidades, os recursos didáticos adotados ajudam na exposição dos conteúdos, contudo o livro didático muitas vezes é muito razo.

Sim.

Do livro de Química, ainda se faz necessário algo mais didático.

A ideia de utilizar a contextualização do estudo dos gases com matemática sugere a implementação de uma proposta pedagógica integrada e possibilita discussão das parcerias entre as áreas do conhecimento.

## 10) Você acha que os alunos seriam receptivos com a abordagem proposta?<sup>11</sup> respostas

Sim

Creio que sim, desde que o professor saiba interligar os assuntos, tornando-os interessantes, prazerosos e aplicáveis à realidade e ao cotidiano dos discentes.

Acredito que sim

Acredito que sim.

Acredito que sim, visto que a matemática sempre é a parte que os alunos têm matemática.

Acho que de início eles seriam resistentes visto que seriam mais aulas de matemática, porém aos poucos veriam os resultados positivos dessa abordagem.

Isso dependeria de muitos fatores: tempo que levaria, material de apoio, contextualização da abordagem, etc.

Sim.

Acho que sim.

Não tenho dúvida que essa abordagem metodológica favorece a contextualização e o interesse dos educandos pelos conteúdos estudados. Acredito que o ideal seria inserir os conteúdos de matemática num cronograma de reforço de matemática e a realização de sua aplicação pelo professor de química.

### APÊNDICE 3

#### QUESTIONÁRIO INTRODUDÓRIO

##### PROPORCIONALIDADE

1º) Se duas grandezas  $x$  e  $y$  são diretamente proporcionais, o que é possível afirmar sobre elas? E se  $x$  e  $y$  forem inversamente proporcionais?

2º) Mostre a relação algébrica existente entre  $a$  e  $b$ , sabendo-se que  $a$  e  $b$  são parâmetros que variam de forma diretamente proporcional.

3º) Dado que  $u$  e  $v$  são grandezas inversamente proporcionais, relacione estas variáveis e mostre a expressão algébrica que as une.

4º) Baseando-se nos problemas 2 e 3, mostre geometricamente o comportamento das curvas  $a$  vs  $b$  e  $u$  vs  $v$ .

##### RELAÇÕES DO PRIMEIRO GRAU

1º) Quais as quatro metodologias de se relacionar duas variáveis, de tal modo que seja possível analisar o comportamento de uma observando o comportamento da outra?

2º) Conceitue equação e função.

3º) Qual a equação geral para uma função do primeiro grau, sabendo-se que os parâmetros são  $m$  e  $n$  e a variável é  $x$ ?

4º) Mostre geometricamente o gráfico de  $f(x)$  da questão 3, bem como especifique o significado das constantes  $m$  e  $n$  graficamente.

## APÊNDICE 4

### Matemática presente no tema gases

#### I. Grandezas diretamente proporcionais

Dizemos que duas grandezas  $p$  e  $q$  são diretamente proporcionais se uma elevação em  $p$  provoca um aumento em  $q$ , bem como uma diminuição em  $p$  ocasiona uma redução em  $q$ , ou vice-versa. Logo, é facilmente perceptível que existe uma relação algébrica que expressa como  $p$  varia com  $q$ . Como ambas as medidas crescem ou diminuem conjuntamente, podemos concluir trivialmente que a razão entre estas é sempre uma constante. Desse modo, temos:

$$p/q=k, \text{ então: } p=kq \quad (1)$$

Se tivermos uma série de medidas, então:

$$p_1/q_1=p_2/q_2=p_3/q_3=p_4/q_4=\dots=p_n/q_n=k \quad (2)$$

Da equação 1, podemos plotar a curva  $p$  vs  $q$ , em que a curva é uma reta com inclinação  $k=1$ , conforme visto no gráfico abaixo.

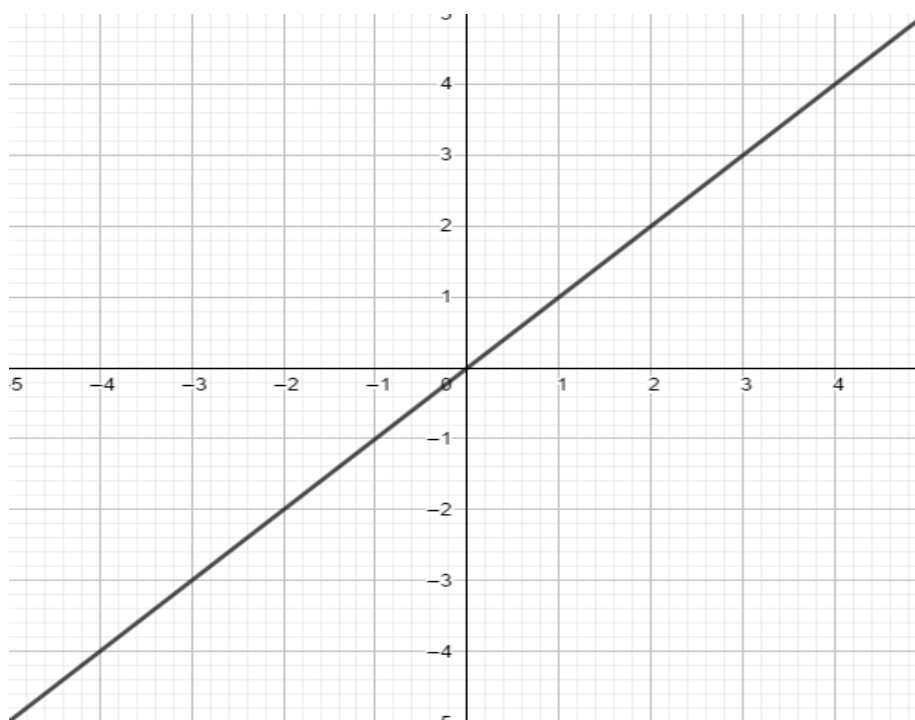


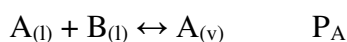
Figura a. Fonte: autor

Existem infindáveis casos em que a natureza apresenta esse comportamento, como é observável na lei de Hooke, na equação de Planck, na equação de Stefan-Boltzmann etc. Entretanto, será detalhado aqui apenas um exemplo para que seja possível fixar mais profundamente a noção de grandezas diretamente proporcionais.

Considere um determinado solvente A (volátil) em uma solução com certo soluto B (não volátil) e que ambos estejam contidos em um recipiente fechado, onde essa solução está em equilíbrio com o vapor do solvente A. A lei de Raoult revela que a pressão que o vapor ( $P_A$ ) de A exerce na solução A + B é diretamente proporcional a fração molar ( $X_A$ ) do solvente na solução. Em outras palavras, quanto maior a fração molar do solvente, maior será a pressão de vapor do solvente sobre a solução. Logo, algebricamente,  $P_A/X_A=k$ , onde  $k=P_A^*$  (pressão de vapor do solvente puro), então:  $P_A=X_AP_A^*$ .

Abaixo, pode-se analisar o que ocorre microscopicamente, quando se tem a solução A + B líquidos em equilíbrio com o vapor de A, o que implica o vapor exercer determinada pressão  $P_A$  sobre a solução. Já no segundo caso, tem-se um recipiente fechado onde haveria apenas A líquido em equilíbrio com o respectivo vapor formado, destarte, existe certa pressão  $P_A^*$  pressionando a fase condensada de A.

Solução do componente A



Componente A puro



## II. Grandezas inversamente proporcionais

É dito que duas variáveis p e q são inversamente proporcionais se uma elevação em p causa uma redução em q, assim como uma diminuição em p implica um aumento em q, ou o inverso. Sendo assim, pode-se constatar que p varia com o inverso de q, de modo que o produto pq seja sempre igual a uma constante. Logo, equaciona-se da seguinte forma:

$$p/(1/q)=k, \text{ então: } pq=k \quad (3)$$

Portanto, para um conjunto de medidas, temos:

$$p_1q_1=p_2q_2=p_3q_3=p_4q_4=\dots=p_nq_n=k \quad (4)$$

Analisando a tendência de  $p$  vs  $q$  dada pela equação 3, conclui-se facilmente que o gráfico será caracteristicamente hiperbólico, em que se verifica um comportamento decrescente de  $p$  conforme  $q$  aumenta, como observado no gráfico abaixo, para  $k=1$ .

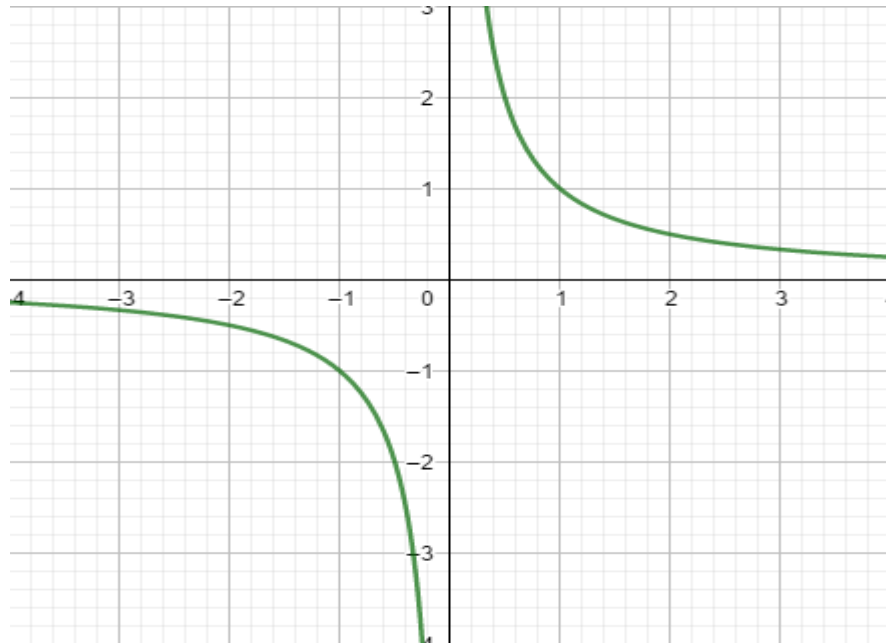


Figura b. Fonte: autor

Grandezas inversamente proporcionais são onipresentes nas ciências da natureza, como observado na equação de autoprotólise da água, na lei da dualidade onda-partícula de De Broglie, no princípio da incerteza de Heisenberg, na relação  $P$  vs  $A$  e  $f$  vs  $T$ , entre outras. Para uma melhor compreensão dessa predisposição, será explanado por meio de um exemplo real o que, de fato, ocorre.

Dado um corpo negro, por conseguinte, um objeto que absorve teoricamente toda a radiação eletromagnética que nele incide, independentemente da direção (daí ser dito isotrópico). Então, segundo a lei de Wien, o comprimento de onda ( $\lambda_{\text{máx}}$ ) onde se localiza a máxima emissão é inversamente proporcional a temperatura ( $T$ ) do corpo negro, o que pode ser expresso matematicamente da seguinte forma:  $\lambda_{\text{máx}}/(1/T)=k$ , onde  $k=b=2,8977685 \times 10^{-3}$  mK, ou  $\lambda_{\text{máx}}T=b$ . Desse modo, é válido afirmar que: quanto maior a temperatura do corpo negro, menor o comprimento de onda da máxima emissão, ou vice-versa.



### III. Função linear (do primeiro grau)

Definimos função do primeiro grau como toda função que obedece a seguinte equação genérica (lei de formação):

$$f(x)=mx + n \quad (5)$$

sendo m e n constante e x variável

Onde:  $f(x)=y$ : variável dependente (ordenada), pois depende de x

**x**: variável independente (abscissa)

**m**: coeficiente angular da curva  $f(x)$  vs x

**n**: coeficiente linear

Exegeticamente,

$$m=[f(x_2)-f(x_1)]/(x_2-x_1)=\Delta y/\Delta x, \text{ portanto: } y_2-y_1=m(x_2-x_1) \quad (6)$$

que representa a taxa de variação (ou inclinação da reta, daí ser chamado também de “coeficiente angular”) de  $f(x)$  conforme x muda, e n simboliza geometricamente a intersecção com a coordenada y, sendo desta forma obtido fazendo-se  $x=0$ , logo:

$$f(0)=m \cdot 0 + n$$

$$f(0)=n.$$

A (s) raiz (es) de uma equação representa (m) o (s) ponto (s) em que ocorre intersecção com a coordenada x, logo, encontra-se fazendo  $f(x)=y=0$ . Então, para uma equação de grau um, temos:

$$f(x)=0 \text{ ou } 0=mx + n$$

$$mx=-n$$

$$x=-n/m$$

Portanto, a intersecção com o eixo das abscissas ocorrerá quando  $x=-n/m$ .

A expressão “linear” se deve ao gráfico para essa função ser uma reta, de modo que y varie linearmente com x. Além disso, é também chamada de função do primeiro grau devido ao expoente da variável x ser igual a um. Como o gráfico é uma reta, então

esta pode possuir inclinação positiva ou negativa, e o que determinará tal comportamento será o coeficiente angular da reta,  $m$ . Logo:

$m > 0$ , teremos uma reta crescente e, se

$m < 0$  teremos uma reta decrescente.

Para uma melhor compreensão, observe e analise minuciosamente os esboços mostrados logo em seguida, na figura c,  $m=1$  e  $n=1$ , enquanto na figura d,  $m=-1$  e  $n=1$ :

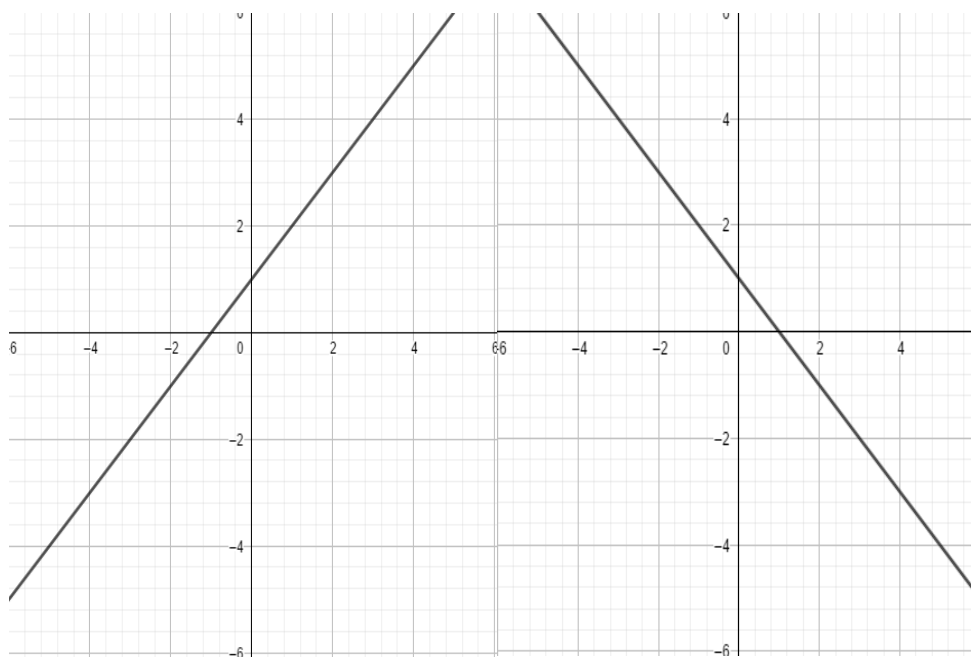


Figura c. Fonte: autor

Figura d. Fonte: autor

É gigantesco o número de relações algébricas de grau um que modelam fenômenos da natureza, e aqui vale ressaltar algumas: equação do efeito fotoelétrico, equações das energias livre de Gibbs e de Helmholtz, lei de distribuição barométrica e inúmeras outras. Para facilitação do aprendizado desse tema, será citado um caso em que aparece esse comportamento linear.

Em Química Inorgânica e Engenharia Metalúrgica, é estudado um diagrama muito útil para obter metais puros a partir de seus óxidos via processos de oxirredução. Esse diagrama, conhecido tecnicamente como diagrama de Ellingham, é baseado na equação da energia livre de Gibbs como função da temperatura,  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . Ao observar criteriosamente essa expressão e imaginarmos um gráfico de  $\Delta G$  vs  $T$ , é prontamente concluído que se trata de uma equação do primeiro grau, sendo:

$\Delta G$ : variável dependente (ordenada)

T: variável independente (abscissa)

$\Delta H$ : coeficiente linear da reta (intersecção com o eixo das ordenadas)

$\Delta S$ : coeficiente angular da curva (inclinação da reta).

Aprofundando mais um pouco, é habilmente constatável, por análise da equação, que o sinal de  $\Delta S$  determinará a inclinação do gráfico. De modo que:

Se  $\Delta S > 0$  implica que  $-T\Delta S < 0$  e, portanto, a inclinação será negativa (decrecente), pois T é invariavelmente positivo. Antagonicamente, se  $\Delta S < 0$ , então  $-T\Delta S > 0$  e, conseqüentemente, a reta será crescente (inclinação positiva).

## APÊNDICE 5

### Interpretação físico-química do comportamento dos gases

#### a) Lei de Boyle – Transformações Isotérmicas

Segundo a lei de Boyle, para um processo a temperatura e quantidade de matéria constantes, a pressão que um gás exerce será inversamente proporcional ao seu volume. De outro modo, quanto maior a pressão exercida pelo gás, menor o volume do recipiente que o contém, ou, quanto menor a pressão que o gás aplica, maior o volume do recipiente ao qual ele está contido.

Algebricamente, podemos expressar essa tendência da seguinte forma:

$$P/(1/V)=k(T, n), \text{ logo, } PV=k(T, n) \quad (6)$$

Para uma série de medidas, então temos que:

$$P_1V_1=P_2V_2=P_3V_3=\dots=P_nV_n=k(T, n)$$

Ao esboçarmos o gráfico de  $P$  vs  $V$ , então é possível observar uma curva com comportamento hiperbólico, a qual é denominada isoterma, pois a curva se dá para uma temperatura fixa. Geometricamente, é facilmente observado que o gás inicialmente exerce certa pressão  $P$  e possui respectivo volume  $V$ . À medida que a pressão vai diminuindo gradualmente, constata-se que  $V$  se eleva na mesma proporção, comprovando, desse modo, a conduta da curva.

Analise a figura abaixo e tire suas conclusões à respeito do que foi explicitado acima.

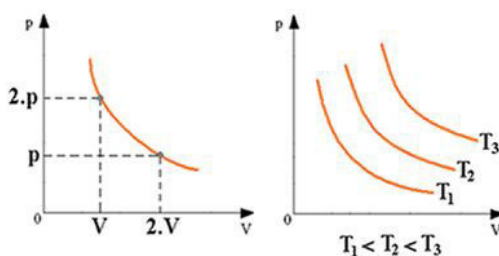


Imagem e. Fonte: internet

Fisicamente falando, para um processo isotérmico, uma redução no volume implica uma maior pressão exercida pelo gás, pois em um volume menor, aumenta-se o número de colisões das moléculas do gás com as paredes do recipiente. Semelhantemente, para um volume maior, menor a pressão, pois a quantidade de choques entre as partículas

do gás e as paredes do recipiente reduzem significativamente, visto que agora o espaço interno do invólucro cresceu.

### **b) Lei de Charles – Transformações Isocóricas (Isovolumétricas)**

De acordo com essa lei, a pressão e a temperatura são diretamente proporcionais à medida em que o volume e a quantidade de matéria permanecem fixas. Em outras palavras, quanto maior a pressão, mais elevada será a temperatura, ou, quanto menor a pressão, mais ínfimo será o valor da temperatura.

Portanto, é possível equacionar assim:

$$P/T=k(V, n), \text{ portanto: } P=k(V, n)T \quad (7)$$

Para um conjunto de medições, tem-se:

$$P_1/T_1=P_2/T_2=P_3/T_3=...=P_n/T_n=k(V, n)$$

Ao analisar a expressão 7 analiticamente, conclui-se que se trata de uma equação de grau um, sendo:

P: Variável dependente

T: variável independente

$k(V, n)$ : inclinação da reta (coeficiente angular)

E o coeficiente linear da curva possui valor nulo, comprovando, assim, que a reta passa pela origem, em que  $P=0$  e  $T=0$ .

Portanto, ao plotar um gráfico de P vs T, será possível observar uma tendência linear, em que P e T variam com a mesma intensidade. A constante  $k(V, n)$  simboliza a inclinação da reta e depende do volume e da quantidade de matéria, considerando que a lei de Charles considera o V e a n invariáveis. Considere o gráfico mostrado em seguida.

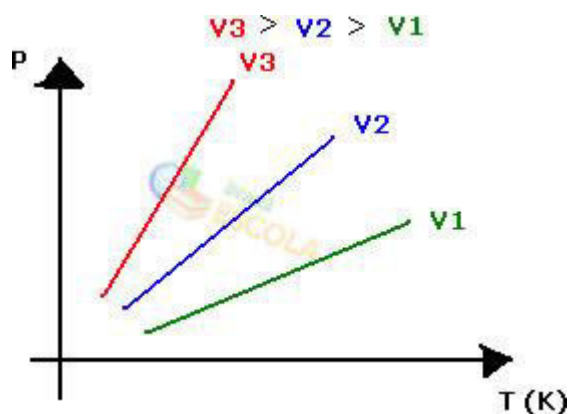


Imagem f. Fonte: internet

Realizando uma hermenêutica sobre o que foi supracitado, com a finalidade de expressar o que está de fato ocorrendo em nível molecular, pode-se obter a seguinte compreensão: como o volume e a quantidade de matéria são imutáveis, ao aumentar a T, energia é fornecida para as moléculas do gás, logo, a energia cinética média do conjunto de partículas também evoluirá. Como a energia cinética média ascendeu, então a velocidade das partículas também aumentou e, conseqüentemente, o número de colisões entre as moléculas do gás e as paredes do recipiente, confirmando o aumento da pressão.

### c) Lei de Gay-Lussac – Transformações Isobáricas

Conforme estudos realizados por esse ilustre cientista, o volume varia de forma diretamente proporcional com a temperatura para mudanças que ocorrem via pressão e quantidade de matéria constantes. De outro modo, o volume aumenta conforme a temperatura cresce, ou vice-versa.

Logo,  $V/T=k(P, n)$  ou  $V=k(P, n)T$  (8)

Caso haja um conjunto de medidas, pode-se expressar algebricamente do seguinte modo:

$$V_1/T_1=V_2/T_2=V_3/T_3=...=V_n/T_n=k(P, n)$$

Então, ao esboçar graficamente a relação V vs T, será constatado um comportamento retilíneo, em que o volume ascende proporcionalmente à temperatura. Abstraindo mais um pouco sobre a equação 8, é possível notar que se trata de uma equação do primeiro grau, sendo:

V: variável dependente (ordenada)

T: variável independente (abscissa)

$k(P, n)$ : inclinação da curva (coeficiente angular) e, semelhantemente ao caso b, o coeficiente linear é zero, indicando, dessa maneira, a intersecção do gráfico com a origem do plano cartesiano. Ver figura abaixo:

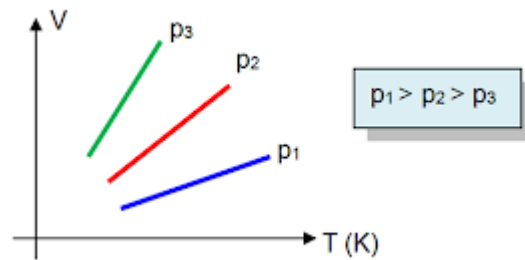


Imagem g. Fonte: internet

Ao refletir sobre a lei de Gay-Lussac, é possível chegar ao seguinte raciocínio: ao reduzir o volume, para que a pressão seja constante, faz-se necessário também que a temperatura seja diminuída, pois uma diminuição no V implica um aumento em P e, para suprimir esse efeito, mantendo-se a pressão fixa, diminui-se a T.

## APÊNDICE 6

### Avaliação Final

1º) O efeito fotoelétrico é um fenômeno descoberto por Albert Einstein em 1905, baseando-se na hipótese de Max Planck (discretização da luz) de que a luz era constituída por partículas, mais tarde, denominadas fótons por Gilbert Lewis, e afirma que: ao incidir radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, então elétrons serão ejetados (liberados) desde que a energia do fóton seja maior ou igual a um valor mínimo chamado de função trabalho,  $\Phi$ , que está intrinsecamente relacionado ao elétron preso ao metal. Caso o elétron seja liberado, então este possui certa velocidade  $v$ , que está associada a uma energia cinética  $K$ , pois  $K=(1/2)mv^2$ . Portanto, a energia do fóton teve duas funcionalidades:

- I) Retirar o elétron preso ao metal ( $\Phi$ ) e
- II) Movimentar o elétron para além do metal ( $K=(1/2)mv^2$ ).

Logo,  $E=h\nu=K + \Phi$ . Sendo assim:  $K=h\nu - \Phi$

a) Com base na equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, plote um gráfico hipotético de  $K$  vs  $\nu$ , bem como mostre e explicita o que cada termo representa geometricamente e analiticamente, dado que  $h$ ,  $\nu$  e  $\Phi$  são estritamente positivos.

b) Sabendo que a frequência mínima ( $\nu_0$ ) para que o elétron seja liberado ocorre quando  $K=0$ , manipule a expressão da equação de Einstein, deixando  $\Phi$  em função de  $\nu_0$  e explique o que de fato ocorre em termos de proporcionalidade. (Dica:  $E=h\nu_0=K + \Phi$ , faça  $K=0$ ). Como você esperaria que fosse um gráfico de  $\Phi$  vs  $\nu_0$ ?

c) Baseado na equação fundamental da ondulatória,  $c=\lambda\nu$ , combine esta equação com a expressão para a frequência de corte de tal modo a deixar  $\Phi$  como função de  $\lambda$  e expresse em termos de proporção como  $\Phi$  varia com  $\lambda$ . Para finalizar, qual formato você esperaria para uma curva de  $\Phi$  vs  $\lambda$ ? (Dica:  $c=\lambda_0\nu_0$  e  $\lambda_0$  e  $\nu_0$  são ambos positivos).

2º) A equação de Bohr para os níveis eletrônicos presentes em um átomo de hidrogênio ( $Z=1$ ) possui o seguinte formato,  $E_n=-R_H(1/n^2)$ , em que  $E_n$  é a energia do nível  $n$ ,  $R_H$  é a constante de Rydberg e  $n$  é o número quântico principal (nível eletrônico ou camada). Sobre a equação de Bohr, é correto afirmar que:



- ( ).  $E_n$  é diretamente proporcional a  $n$ .
- ( ).  $E_n$  é inversamente proporcional a  $n$ .
- ( ).  $E_n$  independe do valor de  $n$ .
- ( ).  $E_n$  é diretamente proporcional ao quadrado de  $n$ .
- ( ).  $E_n$  é inversamente proporcional ao quadrado de  $n$ .

3º) Sabe-se que o volume de uma esfera é calculado pela seguinte expressão:  $V=(4/3)\pi R^3$ , em que  $V$  é o volume da esfera,  $R$  é o raio da esfera e  $\pi$  é uma constante matemática obtida ao dividir a circunferência de um círculo pelo seu diâmetro ( $d=2R$ ), ou  $C/d=\pi$ , ou  $C=2\pi R$ . Analise as expressões:

$$V=(4/3)\pi R^3 \quad (\text{I})$$

$$d=2R \quad (\text{II})$$

$$C=2\pi R \quad (\text{III})$$

Então, descreva como o volume da esfera varia como o seu raio, bem como informe como o  $d$  e a  $C$  do círculo mudam conforme o  $R$  altera.

4º) A Lei de Diluição Infinita de Ostwald é descrita pela seguinte equação:

$K=M\alpha^2/(1-\alpha)$ , em que  $K$  é a constante de equilíbrio,  $M$  é a concentração molar e  $\alpha$  é o grau de ionização da espécie presente no equilíbrio. Para eletrólitos fracos,  $\alpha$  vale aproximadamente zero, então o denominador  $1-\alpha$  é aproximadamente 1, restando:

$$K=M\alpha^2$$

Considerando  $\alpha$  constante, é possível afirmar que  $K$  varia com  $M$  de forma:

- ( ). Diretamente proporcional
- ( ). Inversamente proporcional
- ( ). Independente
- ( ). Quadrática
- ( ). Exponencial