

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA.
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
RUA VINTE, 1600. BAIRRO TUPÃ. CEP 38304-402, ITUIUTABA/ MG

RODOLFO DE PONTES FIGUEIRA

**Análise das dificuldades conceituais de futuros professores de Química
relacionadas ao conceito de quantidade de matéria**

ITUIUTABA
2019

RODOLFO DE PONTES FIGUEIRA

Análise das dificuldades conceituais de futuros professores de Química relacionadas ao
conceito de quantidade de matéria

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à Comissão Avaliadora como parte das
exigências do Curso de Graduação em Química: Licenciatura do Instituto de Ciências
Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior.

Ituiutaba, 2019

RODOLFO DE PONTES FIGUEIRA

Análise das dificuldades conceituais de futuros professores de Química relacionadas ao conceito de Quantidade de matéria

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à Comissão Avaliadora como parte das exigências do Curso de Graduação em Química: Licenciatura, do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

Data da aprovação.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior/orientador (ICENP/UFU)

Prof. Dr. James Rogado (UFTM)

Prof.^a Dra. Renata Bernardo (UEMG)

AGRADECIMENTOS.

Agradeço a Deus por me conceder o privilégio de ter nascido com muita saúde, inteligência e uma família de ouro.

Agradeço aos meus pais, Osmar e Marisa por tê-los em minha vida, pois sem eles eu não seria ninguém. Obrigado por tudo, que vocês fizeram por mim, apoiando-me nos momentos alegres e, também, nos mais difíceis. Obrigado, por terem me incentivado a vir para a UFU estudar mesmo eu não querendo e não sendo o curso que eu queria, isso me ajudou a crescer demais como pessoa e sinto que meu amadurecimento foi de tal forma que não consigo explicar. Apenas só tenho a agradecer por ter um pai e uma mãe tão maravilhosos e incríveis como vocês e espero pelo menos ser um terço do que vocês foram pra mim. Amo vocês.

Agradeço também ao meu querido irmão Gabriel por me apoiar em todos os momentos difíceis em que passei, me dando muitos conselhos e fazendo sempre enxergar o melhor caminho. A você meu irmão, desejo todo o sucesso desse mundo e que você possa se tornar um excelente médico, cuja sua missão em ajudar o próximo será muito linda.

Agradeço também ao meu médico neurologista infantil, Dr. Paulo Sérgio Rodrigues que, junto aos meus pais, cuidou de mim ao me receitar um remédio de tarja preta, conhecido também como Ritalina, que auxiliou durante o meu aprendizado, pois eu tinha um alto grau de déficit de atenção que me impedia na escola concentrar e aprender os conteúdos. O meu muito obrigado, pois, graças a vocês, hoje consigo estudar sozinho e prestar atenção nas aulas.

Agradeço também ao seu Josevaldo e a dona Joelma por terem me dado todo o apoio quando cheguei em Ituiutaba. Os conselhos que os dois me deram foram fundamentais para que eu não desistisse do curso e ficasse até os dias atuais. Considero vocês como meus segundos pais. Muito obrigado por tudo.

Agradeço ao meu amigo Jordy Ângelo Carneiro por ter sido a primeira pessoa que eu fiz amizade e seus conselhos, suas histórias de vida e superação foram essenciais para o meu amadurecimento e fortalecimento pessoal na parte sentimental. Mano, valeu por tudo e que você continue estudando, se esforçando e eu sei que você terá um futuro brilhante pela frente.

Um agradecimento mais que especial a minha querida e amada 8ª turma de química do curso de licenciatura. Pois é galera, de uma turma de 40 alunos, restaram

poucos alunos. No entanto, esses sobreviventes, incluindo eu na história, acabaram formando uma família, sempre unida e harmônica e mesmo que haja essa separação, saibam que estaremos unidos pela nossa amizade. Aos meus amigos: Marcelo, Matheus Henrique, Priscilla, Jonathan, Jordy, Leiliane, Matheus Guimarães, muito obrigado a todos vocês que estiveram comigo, me dando apoio; uma palavra amiga. Isso contribuiu para que nossa amizade se fortalecesse cada vez mais. Ao meu amigo Ricardo Martins, que a princípio entrou na faculdade anos antes, mas, no segundo período de curso se juntou a nossa turma e família. A você meu chefe, muito obrigado por cada conselho, cada ajuda, cada bronca, cada elogio. Isso foi essencial para o fortalecimento da nossa amizade.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia por ter aberto as portas para mim durante esses cinco anos e meio de muita aprendizagem, alegrias, choros de desespero e também de alegria. Ao corpo docente do curso de química, o meu muito obrigado pelos ensinamentos de cada um de vocês, pela parceria entre aluno e professor que tivemos em diferentes disciplinas ao longo dos anos. Aos professores do ensino que mostraram maneiras e métodos diferentes de se ministrar uma boa aula e o contato direto com o aluno possibilitando que possamos melhorar como profissional e como pessoa entendendo o lado do aluno.

Ao Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior agradeço imensamente por ter aceitado ser meu orientador de TCC e vou levar comigo cada conselho dado, cada bronca dada para melhorar em determinado assunto, para buscar mais informações sobre tal assunto que está vago. Cada bronca que você me dava, eu me sentia na obrigação de correr atrás e mostrar a mim mesmo que eu sou capaz de aprender tal conteúdo químico que eu não dominava. Obrigado pelos elogios na hora certa de se fazer e obrigado por ser esse amigo que você é, que dá dura quando tem que dar e elogia quando tem que elogiar. Mais uma vez, a você, o meu muito obrigado.

Durante esse tempo todo aqui na UFU quero agradecer a todos os meus amigos e colegas que me apoiaram de forma direta ou indireta. Obrigado pelas conversas, risadas, pelas festas universitárias onde nos divertíamos muito. Obrigado, também, a cidade de Ituiutaba que me recebeu e me acolheu de braços abertos mesmo demorando dois anos para me adaptar aqui. Fui muito feliz, vivi momentos únicos e inesquecíveis, mas, também passei por momentos tristes estando aqui. Mas, enfim, isso tudo faz parte da vida e do aprendizado e quando chegar o dia de partir em definitivo, sentirei saudades

dos amigos e da cidade, porém, voltarei com a consciência de que cumpri minha missão ao me formar na faculdade.

RESUMO

Este trabalho busca responder à questão: quais as dificuldades dos futuros professores de Química em compreender os conceitos relacionados a quantidade de matéria? Para isso, foi realizada uma pesquisa envolvendo alunos ingressantes e concluintes no curso licenciatura de química e foram entrevistados professores do mesmo curso que ministram em suas aulas o conteúdo em estudo. Foram elaborados roteiros para entrevista contendo perguntas específicas aos alunos e professores. Em relação aos alunos, as perguntas abordavam sobre como eles viram este conteúdo no ensino médio e ao chegar no ensino superior, e como que este conteúdo foi ministrado. Em relação aos professores, as questões visavam compreender as dificuldades percebidas por eles em suas aulas. Durante a busca pelos referenciais teóricos em artigos, dissertações e teses que abordam sobre as dificuldades relacionadas sobre o ensino de quantidade de matéria; esses referenciais foram utilizados na análise das entrevistas, na qual identificou-se nas respostas a dificuldade que os alunos da graduação possuem em relação aos conceitos quantidade de matéria. Em relação aos professores, nota-se a preocupação por alguns deles ao perceber que, essa dificuldade não é sanada durante a graduação e que muitos professores não trabalham com a definição e nem a parte histórica do conteúdo, apenas seu uso em questões que envolvem matemática. E quando chegam na escola como estagiários para ministrarem aulas sobre este conteúdo, ao elaborarem os planos de aula encontram dificuldades para desenvolver uma aula sobre o conteúdo, tendo que estudar, pesquisar e reestruturar seus conhecimentos. Sendo assim, os futuros professores, ao ensinarem esse conteúdo aos seus alunos do ensino médio, poderão ter dificuldades para ministrarem este conteúdo. Consequentemente, essa dificuldade seguirá afetando as futuras gerações.

Palavras-chave: quantidade de matéria; dificuldades; ensino-aprendizagem; professores.

ABSTRACT

This work aims to answer the question: What the difficulties of future teachers of chemistry in understand concept related amount of substance? For this was realized a search involving incoming students and concluding in the undergraduate course of chemistry and were interviewed teachers of same course who teaching in yours class the content in study. Were elaborated scripts for interview having specifics answers to students and teachers. In relation to students the answers approached about how they studied this content in the high school and to arrive in the college, how who this content was teaching. In relation to teachers, the answers targeted understand the difficulties perceived for them in your class. Thus, during the search the theoretical references in articles, dissertations and theses who approach about the related difficulties about the teaching of amount of substance and those searching references were used during the analyze of interviews, in which was identified in the answers the difficulty who the graduation students have in relation to concept amount of substance. In relation to teachers, note the worry their to realize that, the difficulty not is healed during the college and very teachers do not work with the definition and nor the historical part of content, only your use in questions who involve mathematics. And when arrive in the high school as trainees for teaching about this content, to elaborate the lesson plans find difficulties for develop a class about this content, having to study, to search and restructure yours knowledge. Thus, the future teachers, to teaching this content to students of high school going to have difficulties for teaching this content. Consequently, that difficulty will follow affecting the future generations.

Keywords: amount of substance; difficulties; teaching-learning; teachers.

SUMÁRIO.

1.INTRODUÇÃO.....	10
2- REFERENCIAL TEÓRICO.	15
2.1 - As dificuldades encontradas sobre o ensino do conceito quantidade de matéria e sua unidade, o mol: uma revisão da literatura.....	19
3- METODOLOGIA.	26
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.	29
4.1- O Conceito de Mol.	29
i) O Conceito de Mol na Educação Básica.	30
ii) Conceito na Universidade.	32
iii) Conceito na Escola (Estágio Supervisionado/PIBID).....	34
4.2- Sobre as dificuldades para compreender o conceito de quantidade de matéria	36
4.3- Como explicar? Realização de uma análise entre alunos e professores.....	39
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICES.	52
APÊNDICE 1 - Roteiro da entrevista realizada com alunos ingressantes	53
APÊNDICE 2 - Roteiro da entrevista realizada com alunos concluintes.....	55
APÊNDICE 3 - Roteiro da entrevista realizada com os professores.....	57
APÊNDICE 4 - Termo de consentimento livre e esclarecido.	58

1.INTRODUÇÃO.

A escolha do tema quantidade de matéria se deu pela motivação de conhecer as dificuldades dos futuros professores de Química em seu trato, além de meu interesse em ampliar os conhecimentos dessa temática e de sua ensinagem na Educação Básica.

Assim, como outros estudantes do Ensino Médio, que tiveram um primeiro contato com a disciplina de química, senti dificuldades em entender alguns conceitos, minha situação não foi diferente dos demais em relação à aprendizagem dos conceitos químicos ensinados. Hoje percebo que a origem de algumas dificuldades se deve ao fato dos professores que ministravam as aulas de química para minha turma não serem licenciados na área. A essa falta de preparo para ministrar aulas de Química, atribuo muitas das dificuldades que tive em entender os conceitos. Logo, a minha estratégia – e acredito que também de meus colegas – de “ir bem nas avaliações”, era “decorando” os conceitos.

No segundo ano do Ensino Médio, a escola onde estudava contratou uma professora formada em química; mais tarde soube que sua formação era bacharelado, mas como na época não sabia a diferença entre as modalidades, acreditei que aquela era a oportunidade para finalmente eu e minha turma estudar os conceitos químicos com alguém especializado no assunto. Lembro que um dos conceitos estudados foi a quantidade de matéria. No momento em que a professora começou a introduzir o conteúdo, lembro que não explicou o que de fato era o mol, apenas escreveu na lousa o valor da constante de Avogadro que vale $6,022 \times 10^{23}$ entidades podendo ser átomos, moléculas, íons e outras entidades e que esse valor corresponde a 1 mol. E me lembro, também, que conforme ela explicava o conteúdo, eu e meus amigos sentíamos muitas dificuldades em entender o que a professora queria ensinar. Hoje percebo as dificuldades dela em propor outras metodologias ou se atentar as dificuldades que tínhamos para compreender os conceitos e os exercícios trabalhados; por isso, a ênfase na memorização e nos exercícios repetitivos – aprendíamos a resolver o problema, mas não compreendíamos o sentido de resolvê-lo ou como aplicá-lo em outras situações. Lembro das dificuldades que tive para resolver os exercícios sobre quantidade de matéria, quando estudava para as avaliações memorizando algumas regras; no final não dava certo, mesmo tendo estudado bastante e feito os exercícios resolvidos pela professora em sala de aula.

Na graduação em química, uma das disciplinas em que estudei o conteúdo de quantidade de matéria foi em Química Geral, no 1º período do curso. Nessa disciplina, me lembro que o professor não explicou o conceito de mol, seu significado ou sua origem, pois subentendia que nós já sabíamos esse conteúdo desde o Ensino Médio e que daria continuidade com o conteúdo da graduação. O professor trabalhou com a resolução de muitos exercícios, e eu não sentia dificuldades para executá-los, pois durante o ensino médio, conseguia resolver os exercícios através da memorização e da repetição, trocando apenas os valores que cada exercício trazia. No entanto, o conceito em si ainda continuava muito vago.

Ainda na graduação, outras disciplinas em que estudei esse conteúdo foi em química analítica qualitativa e quantitativa. Da mesma forma como no Ensino Médio e na Química Geral, os professores dessas disciplinas não explicaram o conceito de mol, pois entendiam que os alunos já compreendiam. Do contrário, segundo Shulman (1986 *apud* TEIXEIRA JÚNIOR, 2007) a formação inicial dos professores exige uma base sólida dos conteúdos que serão ensinados pelos professores, exigindo que eles compreendam os conceitos, os fatos, os procedimentos e os processos envolvidos naquele conhecimento. Assim, segundo esse autor, os professores “devem ser capazes de explicar porque uma proposição particular é julgada como aceitável ou não, porque vale a pena saber aquele conteúdo e como relacionar a outros” (*idem*, p. 24).

Na disciplina de química analítica qualitativa estudamos o conceito de concentração molar, também, muito importante para o estudo do conceito de mol, porém, o professor não explicou o significado de quantidade de matéria fazendo com que o conceito ainda continuasse vago. Ao longo das duas disciplinas não senti dificuldades, pois os professores sempre realizavam exercícios com a turma e eu buscava fazer as questões dos exercícios usando o raciocínio de forma lógica, por mais difícil que de início parecesse. Em outras disciplinas da graduação como termodinâmica e cinética química, o conteúdo de quantidade de matéria apareceu, mas novamente de forma rápida e superficial, utilizando essa unidade para os cálculos de outras constantes e unidades.

Paralelo às disciplinas da graduação, vivenciei atividades na escola da Educação Básica, no período de um ano e seis meses em que fui bolsista do PIBID, um período de muito aprendizado e experiências adquiridas com o auxílio da professora supervisora da escola. Acompanhei as turmas das três séries do Ensino Médio, mas durante o período em que estive no programa, infelizmente, não tive a oportunidade de acompanhar uma

aula sobre o conteúdo de quantidade de matéria. Sei que a professora ministrou o conteúdo, pois os alunos vinham com dúvidas nas atividades de monitoria, mas não sei como o mesmo era trabalhado nas aulas.

Durante as aulas de monitoria na escola, os alunos traziam dúvidas dos exercícios que a professora passava em aula. Os alunos não entendiam o conceito de quantidade de matéria e tinham muitas dificuldades em usar a constante de Avogadro. Segundo Silva e Rocha-Filho (1995), a definição da constante de Avogadro como sendo:

Qualquer amostra de uma substância contém um número extremamente grande de entidades da qual a substância é feita. Assim, analogamente à quantidade de matéria, o número de entidades é uma propriedade intrínseca da amostra. Isto significa que existe uma relação de proporcionalidade entre o número de entidades na amostra e sua quantidade de matéria. A constante de proporcionalidade que permite a passagem de quantidade de matéria para número de entidades, conhecida como constante de Avogadro, nada mais é que o número de entidades por unidade de quantidade de matéria. A constante de Avogadro (e não número de Avogadro) tem seu valor medido experimentalmente; o valor mais recentemente obtido e recomendado é $6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. (p. 13)

Vale ressaltar que a definição de quantidade de matéria e sua unidade foi reformulada recentemente, no ano de 2018, e hoje é caracterizado da seguinte forma:

o mol, cujo símbolo também é mol, é a unidade do SI da grandeza quantidade de matéria. Um mol contém $6,02 \times 10^{23}$ entidades elementares. Este número é o valor numérico fixo da constante de Avogadro, quando representado por mol^{-1} , e é chamado de número de Avogadro. A quantidade de matéria, de símbolo n , de um sistema é uma medida do número de entidades elementares específicas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas específicas (MARQUARDT *et al.*, 2018, *apud* PATROCÍNIO, 2018, p. 20).

Outro erro que eles cometiam era relacionar a quantidade de matéria com a massa. Percebia que muitos não tinham a mínima ideia do que estavam fazendo ou o que o exercício pedia. Da mesma forma, Colagrande (2008), em sua pesquisa de doutorado, traz alguns relatos dos alunos entrevistados em sua pesquisa, sobre as dificuldades na compreensão do significado do termo quantidade de matéria.

Quando eu cursei o Estágio Supervisionado 1, na mesma escola onde participava do PIBID, acompanhei o professor que ministrava aulas para as turmas do 2º ano do Ensino Médio. Durante o acompanhamento das aulas, o professor não chegou a falar

exatamente de quantidade de matéria, mas utilizou este conceito quando abordou concentração molar. Nas aulas pude perceber que o professor citava muito o termo “molaridade” quando calculava a concentração molar. Durante as aulas eu ficava me perguntando se o uso desse termo era correto. Ao analisar a literatura, identifiquei Silva e Rocha-Filho (1995) que afirmam que “Até pouco tempo atrás, era comum expressar a concentração de uma solução através de sua “molaridade”. No entanto, o uso desse termo não é mais recomendado e deve ser substituído pela expressão concentração em quantidade de matéria.”. (p. 13)

Na terceira etapa do estágio supervisionado, além de observarmos algumas aulas, tínhamos que ministrar uma sequência de aulas sobre um conteúdo químico. Assim que a professora supervisora do estágio definiu o conteúdo, caberia ao estagiário estudar como este é abordado em diferentes livros para realizar os planejamentos das aulas. Em seguida, os planos são analisados pelo professor coordenador do estágio, que analisava e sugeria novas abordagens, quando necessário, cabendo ao estagiário fazer os ajustes antes de apresentá-los à professora supervisora. Tudo isso era feito com antecedência para que o estagiário tivesse tempo de corrigir os planos e se preparar para o início das aulas de regência na escola.

No meu caso, a professora supervisora definiu que o conteúdo das aulas seria quantidade de matéria a ser trabalhada para as turmas do 2º ano do Ensino Médio. Ao preparar os planos de aula percebi minhas dificuldades em compreender a definição do termo mol. Apenas se apresentou o símbolo e, na sequência, realizaram exercícios. Assim, busquei auxílio nos livros aprovados pelo PNLD (Programa Nacional do Livro Didático), estudando como cada autor apresentava esse conceito, fazendo resumos das partes que julgava mais importante e, na sequência, busquei auxílio com o professor coordenador do estágio em conversas e reuniões para discutir como ministrar as aulas sobre este conteúdo para os alunos do 2º ano do Ensino Médio.

Após um longo período de estudos e discussões, os planos de aula foram apresentados à professora supervisora, que analisou e autorizou o início da regência. Entretanto, devido aos imprevistos ocorridos no 1º semestre de 2018, tais como as greves dos caminhoneiros e as paralisações dos professores, ocorreram mudanças no período da regência, não havendo tempo suficiente para iniciar as aulas sobre o conteúdo planejado antes do término do semestre na graduação. Assim, mesmo não ministrando as aulas previstas, ao fazer os planos de aula, essa temática despertou a curiosidade de estudar um pouco mais o assunto, ao mesmo tempo em que surgiu a

dúvida: quais as dificuldades dos futuros professores de Química em compreender os conceitos relacionados a quantidade de matéria?

A execução deste trabalho foi organizada da seguinte forma: revisão da literatura; metodologia; resultados e discussão; considerações finais e referências bibliográficas. Na revisão da literatura, foram analisados alguns artigos que relatam sobre a história do conceito de quantidade de matéria e sobre as dificuldades de alunos e professores em compreender os conceitos que envolvem este conceito. Na metodologia, foram desenvolvidos dois roteiros com perguntas específicas, voltadas aos sujeitos da pesquisa; aos professores e alunos entrevistados foi aplicado um questionário para a obtenção das informações da pesquisa. Em seguida, as entrevistas foram analisadas no tópico resultados e discussões, apoiando-se nos referenciais teóricos, e na revisão da literatura.

2- REFERENCIAL TEÓRICO.

Um fator importante é conhecer a história de como surgiu o conceito quantidade de matéria. Assim, trarei um pouco da história de como surgiu esse conceito e sua evolução até os dias de hoje.

No início do século XIX, o pesquisador John Dalton (1766-1844) foi um defensor das ideias atomistas e publicou em 1808 “A new system of Chemical Philosophy” que trata da teoria de que a matéria é constituída por átomos, criando em seguida um sistema que representava os símbolos dos elementos indicando também os pesos atômicos dos elementos (ROSA, 2012 *apud* PATROCÍNIO; REIS, 2016, p. 2).

Em 1809, Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) defendeu na Sociedade Filomática de Paris seus experimentos sobre o volume dos gases em uma reação. Sob o título “Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres”, Gay Lussac enunciou a lei que ficou conhecida como “Lei das Combinações Volumétricas”.

Outro cientista na época, Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), possuía conhecimentos de química e física e começou a estudar os trabalhos de Gay-Lussac comparando os resultados da experiência com a teoria de Dalton, relacionando o volume dos gases e os números de moléculas nele contido a mesma temperatura e pressão. Nessa hipótese levava a supor a existência de moléculas diatômicas, formadas pela união de dois átomos iguais (CHAGAS, 2003).

Alguns anos depois, em 1811, Avogadro publicou no Journal of Physique, um artigo intitulado “Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules”, em que o foco principal era a constituição molecular dos gases, assim: “A primeira hipótese que se apresenta a esse respeito, e que parece mesmo a única admissível, é supor que o número de moléculas integrantes num gás qualquer, é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes” (AVOGADRO, 1811 *apud* OKI, 2009, p. 1074).

Avogadro também propôs uma segunda hipótese, em que diferenciava átomos e moléculas:

Vamos supor que as moléculas constituintes de qualquer gás simples não são formadas de uma molécula elementar, mas são feitas de um certo número dessas moléculas elementares, unidas por atração para formar uma molécula única. E mais, supomos também que, quando moléculas destas substâncias vão combinar com moléculas de uma

outra, para formar a molécula de um composto, a molécula integral que se deveria formar se quebra em duas ou mais partes (AVOGADRO, 1811 *apud* OKI, 2009, p. 1074-1075).

Após a publicação dessas duas hipóteses, a comunidade científica da época rejeitou as, pois para os químicos da década de 1860 era um absurdo pensar que as moléculas eram compostas por “duas moléculas elementares”, ou átomos; sobretudo quando se pensava na teoria eletromagnética defendida por Berzelius (1770-1848). Berzelius imaginava que átomos iguais se repeliam, sendo, portanto, impossível a união de dois átomos ou moléculas idênticas (MAAR, 2011 *apud* PATROCÍNIO; REIS, 2016).

No ano de 1860 foi proposto um congresso em Karlsruhe, na Alemanha, uma circular redigida por dois cientistas renomados, Friedrich August Kekulé e Charles Adolphe Würtz, que estavam dispostos a terminar com as “profundas divergências sobre as palavras e os símbolos, que dificultam a comunicação e a discussão, recursos essenciais para o progresso científico”. (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1992 *apud* PATROCÍNIO; REIS, 2018, p. 63)

Nesse congresso que reuniu cento e quarenta químicos, surgiu a figura de Stanislao Cannizzaro que redescobriu as hipóteses de Avogadro montando uma tabela das massas atômicas dos elementos químicos e apresentando-as na conferência. Nessa conferência Cannizzaro demonstrou que as ideias de Avogadro permitiram não só a determinação das massas atômicas das moléculas, mas também indiretamente a dos seus átomos constituintes. Sendo assim, Cannizzaro pôs um fim neste conflito de décadas sobre a determinação das massas atômicas e fórmulas moleculares e coube a Avogadro receber a homenagem como um dos fundadores da teoria atômica. (OKI, 2009)

Em 1900, o conceito de mol foi definido por Wilhelm Ostwald como sendo “peso normal ou molecular de uma substância expressa em gramas”. (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999). Numa reação química há a proporção de combinação de partículas dos reagentes e dos produtos. Conhecidas as massas das partículas da reação, pode-se deduzir as relações ponderais da equação. Sendo assim, a tradução à massa dessas partículas, levou a introdução dos termos átomo-grama; molécula-grama. (KAPLAN, 1978). Depois de alguns anos, em 1971, o mol passou a ter o significado utilizado nos dias de hoje, como afirmam os autores Silva e Rocha-Filho (1995), o mol foi introduzido como unidade básica do sistema internacional de unidades (SI) para a

grandeza “quantidade de matéria”. Anteriormente, essa grandeza era conhecida como “número de mols”, sendo essa expressão não mais recomendada.

Em relação à hipótese de Avogadro, alguns cientistas como Joseph Loschmidt, Rudolf Clausius e Johannes Diderick Van Der Waals, já haviam tentado calcular o valor para essa grandeza. Porém, coube ao físico-químico Jean Baptiste Perrin, definir o valor da constante de Avogadro a partir de evidências experimentais. No ano de 1909, Perrin publicou o artigo *Mouvement brownien et réalité moléculaire* nos *Annales de Chimie et Physique*, nele decidiu homenagear Avogadro atribuindo seu nome a esta constante. “Este número N invariante é uma constante universal, que pode com justificativa, ser chamada constante de Avogadro”. (PERRIN, 1909 *apud* PATROCÍNIO; REIS, 2016, p. 4).

Em 1913, Perrin publicou a obra *Les Atomes*, na qual abordou a determinação da constante de Avogadro utilizando diferentes métodos, afirmando que: “Estou atônito de admiração diante do milagre da concordância tão precisa a partir de fenômenos tão diferentes”. (PERRIN, 1913 *apud* PATROCÍNIO; REIS, 2016, p. 4).

Tal conceito apresentou a seguinte definição quando Guggenheim publicou seu artigo, em 1961. Guggenheim propunha a seguinte definição: “O mol é a quantidade de matéria que contém o mesmo número de moléculas (ou átomos, ou radicais, ou íons, ou elétrons, dependendo do caso) quantos são os átomos em 12 gramas de ^{12}C ”. No entanto, antes de utilizarem o carbono como medida padrão, os cientistas utilizaram o oxigênio como padronização dos pesos atômicos, até 1961, ao padrão oxigênio, convencionado como 16 (exatamente) para o peso atômico do elemento que ocorre na natureza. No entanto, o oxigênio na natureza era dividido em três isótopos estáveis que são: ^{16}O , ^{17}O e ^{18}O que possuíam respectivamente, 99,76% de átomos; 0,04% de átomos e 0,20% de átomos. Mas, quando os físicos e químicos iam trabalhar com esse padrão do oxigênio uma certa diferença era constatada e isso, atrapalhava ambos os profissionais da área, causando um certo incomodo.

Em 1957, Olander e Nier propuseram a escolha do número 12 (exato) para o nuclídeo ^{12}C , essa escolha do carbono 12 pode ter sido feita devido aos excelentes resultados obtidos por espectrometria de massa (MOORE, 1968).

Sendo assim, entre os anos de 1959 e 1960, a IUPAP (União Internacional de Física Pura e Aplicada) e a IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) chegaram a um acordo onde físicos e químicos decidiram quanto a adoção do valor 12

(exato) para o peso atômico da massa atômica relativa, do isótopo de carbono com número de massa 12 (carbono – 12, ^{12}C).

A IUPAP, no ano de 1961 recomendou à química e a física molecular que utilizassem como grandeza de base a quantidade de matéria. O mol era a unidade de base recomendada e o símbolo utilizado: mol. (FURIÓ; AZCONA; GUISASOLA, 1999).

Sendo assim, no dia 1º de Janeiro de 1962, a escala unificada obtida gerava valores das massa atômicas relativas permitindo definir formalmente a unidade quantidade de matéria pela fixação da massa de carbono-12; por acordo internacional definido como massa o valor de 0,012 kg, e a unidade da grandeza quantidade de matéria foi chamada mol, tendo como símbolo o mol (ROCHA-FILHO; SILVA, 1991).

Essa unificação de escalas foi fundamental para determinar a constante de Avogadro que como vimos anteriormente, essa constante foi determinada experimentalmente e não por definição, pois hoje em dia não existem aparelhos que possam determinar essa constante de forma direta. A constante de Avogadro (N_0) tinha como valor $6,023 \times 10^{23}$ quando o padrão era o oxigênio. Com o novo padrão, utilizando o carbono-12, N_0 corresponde a aproximadamente $6,022 \times 10^{23}$ (ROGADO, 2004).

Em 1965, a IUPAC adotou uma recomendação quase idêntica seguindo a IUPAP, na qual aceitava-se que a quantidade de matéria é uma grandeza diferente da massa, onde “um mol de quantidade de matéria é uma fórmula química especificada que contém o mesmo número de unidades-fórmula (átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras unidades) que há em 12 gramas (exatamente) do nuclídeo puro C^{12} ” (FURIÓ; AZCONA; GUISASOLA, 1999).

Essa sugestão não foi adotada de imediato e as pessoas da época ainda continuavam a relacionar o mol com a massa. Foi em meados do final da década que surge o termo quantidade e, a partir de 1970, a relação de mol com um número começar a acontecer de fato apesar de ainda se relacionar essa unidade com molécula-grama (SILVA; ROCHA-FILHO, 1995).

Em 1969, o Comitê Internacional de Pesos e Medidas adotou a grandeza quantidade de matéria, passando a seguir a seguinte definição:

O mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilograma de carbono 12; seu símbolo é ‘mol’. Quando se utiliza o mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, íons, elétrons, outras partículas ou agrupamentos

específicos de tais partículas (BIPM, 1971 *apud* ROGADO, 2004, p. 67)

Portanto, podemos definir que o significado da expressão quantidade de matéria, nada mais é do que uma grandeza macroscópica que corresponde a uma quantidade de entidades elementares contidas em uma porção material. Seu valor é expresso na unidade chamada mol e que corresponde a $6,02 \times 10^{23}$ entidades elementares desse material. Sendo assim, a constante de Avogadro faz a relação entre a quantidade de matéria e a quantidade de entidades elementares (IUPAC, 2008, *apud* SILVA *et al.*, 2008, p. 5).

2.1 - As dificuldades encontradas sobre o ensino do conceito quantidade de matéria e sua unidade, o mol: uma revisão da literatura.

Colagrande (2008) pesquisou as dificuldades de professores e alunos relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem do conceito de mol. A pesquisadora realizou entrevistas com dois alunos com facilidade para compreender os conceitos e com outros dois alunos que possuíam dificuldade.

Em relação aos professores, a pesquisadora entrevistou sujeitos com diferentes tempos de magistério. A partir deste diagnóstico, desenvolveu-se um software educativo, planejado e elaborado na forma de um jogo didático, visando auxiliar os alunos a assimilar os conceitos sobre mol. No jogo, dividido em três fases, os alunos interagem com as ideias de proporções nas equações e nas fórmulas das espécies, aumentando o nível de complexidades.

Após a aplicação desse software para uma turma de primeiro ano do ensino médio numa escola particular, a pesquisadora verificou que a maior parte dos alunos participaram das atividades e se dedicaram durante a aplicação do jogo e ampliando a compreensão sobre mol.

A partir de uma revisão literária do conceito de mol feita por Silva e Rocha Filho (1995) na qual os dois autores mostram no texto a diferença entre cada termo empregado no estudo e do conceito de mol diferenciando cada conceito especificamente e deixando claro para quem lê a diferença dos termos para que os alunos não confundam o conceito de mol, de massa molar, de massa atômica, a constante de Avogadro, massa nuclídica e massa molecular e especificando no texto os termos que são corretos de se utilizar hoje em dia dos que já caíram de uso e devem ser evitados. Os autores trazem,

também, no texto reflexões sobre o ensino de química que ainda hoje não é completamente atingido nas escolas, já que os alunos acham difícil aprender o conceito de mol e os professores acham difícil encontrar uma maneira de encontrar um método para ensinar os alunos.

Nery e Bassi (2009) em seu texto trazem uma visão da química clássica envolvendo o conceito de quantidade de matéria que é usado nos dias de hoje. Esse conceito trazido pelos autores diz que o mol é uma quantidade de matéria que tem tantas entidades elementares, quantos forem os átomos constituídos em 0,012 kg ou 12 g de carbono 12 e que o símbolo utilizado para representar essa grandeza é o próprio mol, cabendo também deixar bem claro e específico a entidade elementar a ser usado, ou seja, átomos, moléculas, íons, elétrons.

Além disso, os autores trazem também que o termo quantidade de matéria do francês *quantité de matière* quando traduzido para o português, tem a tradução de quantidade de matéria, cuja expressão seria a mais correta. Outra coisa a se destacar no texto também é que os autores trazem como foi feita a relação das massas dos elementos até se chegar nas massas que utilizamos hoje em dia, tendo assim percebido que a massa do átomo de oxigênio em relação ao átomo de hidrogênio sempre será de múltiplos de 16, chegando a conclusão que a massa atômica do oxigênio é 16.

Lourenço e Marcondes (2003) trazem na sua pesquisa um plano de ensino para mol, cujo objetivo é planejar atividades para os alunos para um aprendizado mais significativo do conceito de mol. Para que esse plano fosse aplicado, as autoras dividiram esse plano em três categorias e através de atividades foram acompanhando os alunos que apresentavam muitas dificuldades no conceito de mol, inclusive, dentre essas dificuldades, os alunos confundiam muitos termos.

Essa pesquisa foi aplicada para duas turmas do 1º ano do Ensino Médio com duração de seis aulas de noventa minutos e as atividades foram feitas em grupos de três ou quatro alunos e outras individualmente. Após as aplicações dos testes, os alunos passaram por uma avaliação final na qual tiveram que responder a quatro perguntas e dizer quais das atividades foram imprescindíveis para o aprendizado de mol.

O resultado final dessa pesquisa foi que a grande maioria dos alunos gostaram das atividades propostas e ficaram muito entusiasmados ao aprender o conceito de mol utilizando a balança em uma das atividades e uma pequena minoria apontou que nenhuma das atividades foi motivadora e interessante para o aprendizado do conceito de mol o que chama a atenção é que o 1º ano B se sobressaiu em relação ao 1º ano A, pois

durante o processo esses alunos participaram mais e houve mais entusiasmo por parte deles em relação a outra turma.

Outra maneira interessante de trazer o conteúdo de mol mais próximo dos estudantes é através de um trabalho realizado por Mól e colaboradores (1996). Nesse trabalho, os autores sugerem uma atividade experimental voltada para os alunos do Ensino Médio para que por meio determinem o valor da constante de Avogadro utilizando materiais que são fáceis de serem encontrados. Através de um procedimento utilizando os materiais do cotidiano de fácil acesso, usando algumas reações químicas e alguns cálculos realizados na pesquisa, os alunos do segundo ano do Ensino Médio do Distrito Federal conseguiram obter um valor muito próximo da constante de Avogadro. Sendo assim, a realização desta prática permitiu que os alunos do Ensino Médio tivessem contato com a constante de Avogadro de um jeito diferente e, assim, outros conteúdos fossem trabalhados e explorados.

Patrocínio e Reis (2016) estudaram e analisaram professores de diversas universidades, estaduais e federais do estado de Minas Gerais, que ministram as disciplinas de química geral ou química fundamental para verificar o ensino-aprendizagem do conceito de mol.

Para a realização da pesquisa foi feito um levantamento de currículo de 270 professores do departamento de química e desse número 85 professores de química informaram que ministram as disciplinas de química geral ou fundamentos de química. Após esse levantamento de informações foram enviados aos professores questionários semiestruturados para que os professores pudessem responder. Apenas 18 professores responderam ao questionário, sendo que 16 professores afirmaram que trabalham em suas aulas o conceito de mol. Os questionários foram analisados em três categorias: 1) compreensão do termo e sua utilidade; 2) pensamento abstrato e 3) dificuldade com os cálculos.

Após a análise das falas dos professores e os resultados e discussões feitos, como conclusão pode-se averiguar que o conceito de mol e de quantidade de matéria são poucos compreendidos pelos estudantes que entram no curso de química e, portanto, essa dificuldade no Ensino Médio não é sanada. A falta de compreensão e a memorização de um valor para mol indica que os alunos precisam de uma aprendizagem contextualizada; e esse conceito poderia ser mais bem compreendido se a história da ciência fosse relacionada no processo de ensino.

Em outra revisão da literatura, os autores Rocha-Filho e Chagas (2011) trazem a definição do conceito de peso atômico e como os pesquisadores conseguiram chegar nessas conclusões que nos dias de hoje são adotadas oficialmente. Durante o desenvolvimento do texto foi criada uma tabela que media o peso atômico de dez elementos químicos da tabela periódica. Como resultado, foi criada uma tabela com o conceito de intervalo para os pesos atômicos dos dez elementos químicos convencionais e dentre alguns elementos químicos compostos nessa tabela foram descobertos por cientistas, mas que ainda não foram nomeados. Já os outros elementos químicos tiveram seus valores de peso atômico atualizados na tabela.

De acordo com Rogado (2004) os conceitos de mol ou quantidade de matéria ainda são uma barreira muito grande no ensino-aprendizado nas escolas. Os alunos possuem muitas dificuldades de compreender confundindo com outros termos. A pesquisa foi realizada numa escola onde o autor entrevistou os professores por meio de questionários para avaliar como os professores entendem o conceito de mol e o ensino aprendizagem analisando livros didáticos. O resultado final demonstrou que os professores não sabiam muito bem o conceito de mol e estavam repassando o conceito errado aos alunos, fazendo com que o entendimento por parte dos alunos ficasse mais prejudicado e também foi constatado que os livros didáticos, antes do PNLD para o Ensino Médio, muitas das vezes traziam o conceito errado da definição, não traziam imagens e ilustrações dando a impressão no aluno de que a ciência é algo acabado e sem novas descobertas fazendo com que o interesse do aluno pela disciplina diminua, tornando-a entediante. Para isso, o autor propõe que os livros tragam uma leitura mais simples da definição para que o aluno possa entender melhor e não confundir os termos, já que na grande maioria os alunos saem do ensino médio sem ver essas definições, o que provocará grandes déficits no futuro.

De acordo com Silva e colaboradores (2008) foi realizada uma pesquisa para averiguar o ensino-aprendizado do conceito de mol. Os autores realizaram duas experiências de ensino de caráter investigativo na sala de aula com estudantes de química visando dois objetivos: 1) facilitar a diferenciação entre quantidade de matéria, mol e massa e o 2) verificar a influência da história do conceito de quantidade de matéria na sua aprendizagem.

A pesquisa foi realizada através de um questionário que foi aplicado em duas turmas que são a turma F e turma H que tinham dificuldades conceituais entre quantidade de matéria e mol e entre quantidade de matéria e massa. Foram apresentados

os resultados da turma F relativo à diferenciação dos conceitos de quantidade de matéria, mol e massa.

Nessa turma era composta por 39 estudantes de química, no entanto apenas 31 alunos forneceram os dados da pesquisa. Um dos autores da pesquisa ministrou as aulas para essa turma, de um total de 6 aulas de 50 minutos, que envolveram a explicação dos conceitos de quantidade de matéria, numa perspectiva histórica.

O resultado desta pesquisa foi que o ensino facilitou a diferenciação entre quantidade de matéria, mol e massa. Nesse sentido a experiência foi muito boa, pois os alunos tinham dificuldades nos conceitos e essa diferenciação os ajudou bastante. Porém, apenas metade da turma conseguiu aprender de modo significativo o conceito dos termos em estudo, o que leva os autores a concluir que precisam melhorar a metodologia e refinar a pesquisa.

Os autores Furió, Azcona e Guisasola (1999) estudaram e averiguaram por meio de uma pesquisa sobre as dificuldades conceituais do ensino de mol pelos professores. Nessa pesquisa foram entrevistados professores de diferentes categorias que são: professores formados em licenciatura, professores formados em bacharelado e professores universitários que ministram química geral no primeiro ano de faculdade. Os professores tiveram que responder a um questionário que dava indícios se o professor sabia ou não conceituar o mol ou se possuía dificuldades em passar esse conceito aos alunos.

Como resultado da pesquisa, pode-se concluir que a maioria dos professores se confundiam em explicar o conceito de mol e muitos confundiam os termos relacionando o mol com massa, não havendo a mesma definição nos livros didáticos. Também se constatou que, em alguns artigos, o conceito de mol estava errado, evidenciando assim, o tamanho do problema e da gravidade que é entender e compreender o significado do termo mol.

Sendo assim, os autores Furió, Azcona e Guisasola (2002), publicaram um artigo com o título “Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustância y mol” que englobava mais uma centena de artigos envolvendo o tema sobre quantidade de matéria e mol, sendo que esses artigos eram divididos em temas como: às dificuldades que os docentes enfrentavam ao lecionar o conteúdo; as dificuldades no aprendizado do conceito quantidade de matéria e da unidade, mol; o conhecimento prévio que o educando deveria saber para compreender tal conhecimento e, também, a análise do assunto nos livros didáticos.

Em relação aos docentes, foi detectado uma grande discrepância entre o que é aceito pela comunidade científica e o pensamento dos professores. Tal desacordo influencia no ensino dos seguintes aspectos:

- a) O conceito de quantidade de matéria não é introduzido na grande maioria dos programas educacionais de química. Nesse sentido, é geralmente identificada a quantidade de matéria como massa ou como número de entidades elementares, ignorando o seu significado atual, como uma quantidade para contar as partículas.
- b) Os termos quantidade de matéria e mol são confundidos com conceitos contidos na teoria atômico-molecular, tais como massa molar, constante de Avogadro.
- c) Dificuldades de sequenciamento dos conteúdos para introduzir o conceito de mol e a inadequação das metodologias de ensino comumente usadas (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 2002, p. 238).

Em relação aos estudantes, os autores concluíram o seguinte:

- a) Os alunos carecem de uma concepção científica do mol.
- b) A grande maioria dos estudantes identificou o mol como uma massa, como um volume ou como um número de entidades elementares.
- c) Os estudantes desconhecem o significado da grandeza "Quantidade de substância", evitando sua utilização e não identificam o mol como sua unidade.
- d) Os alunos confundem frequentemente o nível macroscópico de representação (massa molar) com o microscópico (massa atômica e massa molecular).
- e) Os alunos frequentemente identificam a proporção de moléculas com a proporção de massas e a proporção de massas com a proporção de massas molares (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 2002, p. 238).

De acordo com Patrocínio (2018) em sua tese de doutorado, a autora traz a contribuição da história da ciência no ensino do conceito de mol. Essa pesquisa foi realizada através de algumas etapas que constam entre elas: pesquisa documental e bibliográfica; livros didáticos de química; questionário aos docentes e intervenção na graduação.

Na pesquisa documental e bibliográfica foram realizadas pesquisas on-line nos acervos digitais da biblioteca e museus estrangeiros e nacionais. Nos livros didáticos de química a autora analisou seis obras indicadas pelo PNLD 2018 e fez uma leitura dos três volumes de cada livro até encontrar o assunto desejado de estudo e depois de encontrado, analisou o capítulo com o conteúdo a ser estudado.

O questionário foi aplicado para os professores que ministram as disciplinas de química geral ou fundamentos de química em universidades federais e estaduais mineiras. O questionário foi encaminhado para 270 professores dos departamentos de química, cujo questionário era semiestruturado.

Por último, temos a Intervenção na Graduação na qual foram aplicados alguns testes, como o pré-teste; respostas aos estudos dirigidos; confecção da página de um livro didático fictício; as respostas à questão da avaliação e o pós-teste.

A conclusão desta pesquisa foi que os alunos na escola não compreendem o conceito de mol ou quantidade de matéria; os livros estudados por eles não trazem muitas informações sobre a história da ciência que ajudaria muito os alunos a entenderem o conteúdo, acarretando em memorização e tornando o conteúdo chato e entediante: quando os alunos chegam na universidade para cursar química, acabam encontrando grandes dificuldades em aprender o conceito.

Além disso, é muito importante que o professor se mantenha sempre informado pois, os conceitos de termos podem mudar com o tempo. Para tentar diminuir essa dificuldade os autores criaram um programa na plataforma Moodle para amenizar essa dificuldade pelos alunos da graduação tendo o incentivo dos professores para que os alunos possam fazer esse curso do programa e assim, entender e compreender o conceito de mol.

3- METODOLOGIA.

Esta é uma pesquisa qualitativa que busca saber quais as principais dificuldades dos alunos da graduação em relação ao conceito de quantidade de matéria. Para isso, foram elaborados roteiros que conduziram entrevistas semiestruturadas com professores e alunos da graduação em relação a esse conteúdo.

De acordo com Lüdke e André (1986, p. 34), a grande vantagem dessa técnica em relação às outras “é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos”. As entrevistas semiestruturadas ficam entre os extremos das outras já descritas. Há o momento das perguntas anteriormente determinadas, podendo ser as respostas relativamente livres. Caso haja a necessidade, o pesquisador pode acrescentar uma questão não prevista, dependendo das respostas dos respondentes.

Sendo assim, foram elaborados três tipos de roteiros envolvendo perguntas semelhantes, porém com objetivos diferentes de acordo com os entrevistados. Os alunos entrevistados foram divididos em duas classes: os ingressantes e os concluintes. Essa classificação foi dada porque os alunos ingressantes acabaram de frequentar o Ensino Médio e estão entrando para a graduação para iniciar a trajetória e para serem futuros professores. Já os alunos concluintes são aqueles alunos que cursaram todas as disciplinas, os estágios e estão muito próximos de se tornarem professores que poderão atuar no Ensino Médio.

O roteiro elaborado aos alunos ingressantes (Apêndice 1) traz quatro tipos de perguntas; em uma delas, o aluno é convidado a definir o conceito de quantidade de matéria e relatar como aprendeu o conceito durante o Ensino Médio e se houve alguma facilidade ou dificuldade durante o aprendizado. A última pergunta tem como objetivo verificar como o aluno aprendeu esse conceito em química geral.

Já, o roteiro elaborado aos alunos concluintes (Apêndice 2) era composto por 5 perguntas. As perguntas de 1 a 3 são semelhantes à dos alunos ingressantes solicitando a definição do conceito de quantidade de matéria, se esse conceito foi estudado no Ensino Médio e na graduação. As outras questões tinham, o objetivo de verificar se o conceito de quantidade de matéria foi ensinado ou visto pelos alunos concluintes ao longo da graduação em outras disciplinas do curso e se esse aluno, ao longo da graduação, conseguiu compreender o conceito de quantidade de matéria e se estaria apto a explicá-lo a uma turma do Ensino Médio.

A segunda parte da entrevista, tinha a intenção de compreender se os alunos conseguem resolver e explicar questões envolvendo o conteúdo. Eram duas questões da prova do Enem, sendo uma questão do ano de 2013, número 47 e a segunda questão 105 do ano de 2011 e dadas aos alunos para que eles pudessem resolver, explicar como fariam os exercícios, os métodos de raciocínio utilizados.

Em relação aos professores da graduação, o convívio com os alunos em sala de aula torna-se uma parte fundamental da pesquisa, pois, relatam a dificuldade que os alunos possuem em relação ao conteúdo. Por isso, foi elaborado um roteiro (Apêndice 3) envolvendo três perguntas específicas aos professores. Na primeira pergunta, buscou-se compreender se os professores identificam como os alunos chegam na graduação a respeito do conteúdo quantidade de matéria, quais as dificuldades mais comuns que eles percebem nos alunos durante as aulas e se eles acreditam que os alunos da licenciatura terão dificuldades em ensinar este conteúdo aos alunos do Ensino Médio.

Para a realização das entrevistas, optou-se por escolher três professores da graduação que ministram o conteúdo em suas disciplinas. Sendo assim, foram entrevistados os professores que ministram química geral, química analítica qualitativa e química analítica quantitativa.

Por outro lado, a escolha dos alunos da graduação consistiu em 6 alunos ingressantes, e 5 alunos concluintes. Todos os alunos e professores são da mesma instituição de ensino superior e cursam licenciatura em química. As entrevistas foram realizadas no segundo semestre de 2018, quando os alunos ingressantes se encontravam no segundo período do curso, dentre os alunos ingressantes, 2 deles estudaram em escolas particulares e 4 em escolas públicas. No mesmo período das entrevistas, dentre os alunos concluintes, 3 alunos encontravam-se no décimo período, e 2 alunos encontravam-se em períodos indeterminados. Entretanto, os 5 alunos concluintes, todos estudaram em escolas públicas no Ensino Médio passando por todas as disciplinas da graduação e que envolvem o conteúdo de quantidade de matéria assim como o estágio supervisionado.

Para preservar a identidade e garantir o anonimato dos sujeitos que participaram desta pesquisa, os alunos ingressantes no curso foram identificados como AI-1; AI-2; AI-3; AI-4; AI-5 e AI-6. Já os alunos concluintes do curso, foram denominados como AC-1; AC-2; AC-3; AC-4; AC-5 e os professores que foram entrevistados foram identificados como P-1; P-2 e P-3.

As entrevistas foram realizadas, nas dependências da universidade. Todos responderam as perguntas e, em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 4). As entrevistas com os professores e alunos foram gravadas e transcritas para este trabalho. Em seguida, realizou-se a análise dos resultados obtidos através das entrevistas para verificar as dificuldades dos alunos sobre o conceito de quantidade de matéria, que serão discutidas no próximo tópico.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.

4.1- O Conceito de Mol.

O mol, cujo símbolo também é mol, é a unidade do SI da grandeza quantidade de matéria. Um mol contém $6,02 \times 10^{23}$ entidades elementares. Este número é o valor numérico fixo da constante de Avogadro, quando representado por mol^{-1} , e é chamado de número de Avogadro. A quantidade de matéria, de símbolo n , de um sistema é uma medida do número de entidades elementares específicas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas específicas (MARQUARDT *et al.*, 2018, *apud* PATROCÍNIO, 2018, p. 20). A definição mais recente sobre quantidade de matéria ocorreu durante a 23ª reunião do Comitê Consultivo das Unidades (UCC), em setembro de 2017, na qual foi proposta uma nova definição para o mol, a qual será submetida à 26ª CGPM, que ocorreu em novembro de 2018.

P-2: “Eu costumo brincar com os alunos aqui no laboratório que a gente não possui um “molômetro”, a gente não vai lá e consegue medir o número de mols, o que a gente tem ali é a quantidade de átomos, quantidade de moléculas. Mas no laboratório, o que a gente tem para manipular isso na verdade é a massa, por isso a importância da massa molar. A partir da massa de um mol a gente consegue a massa de qualquer número de mols. Então, a gente tem uma relação estequiométrica que é baseada em termos de mol, átomos e moléculas e, portanto, em termos de números de mols, mas para o laboratório a gente consegue só trabalhar isso com massa. Talvez, essas conversões o aluno tem que ficar de olho e pensar sobre isso, para que que serve a massa molar; o que isso significa; para ele conseguir realmente relacionar melhor as coisas e entender como que o conceito de mol facilita a nossa vida.”

Na fala de P-2, o professor relata a importância de relacionar o conceito de quantidade de matéria ao cotidiano do aluno, na qual cita exemplos do cotidiano onde relaciona também as relações estequiométricas para que o aluno possa compreender melhor a relação entre a unidade e o conjunto. P-2 em sua fala traz também a questão de envolver as relações sobre fenômeno, teoria e representação pois, através do que é estudado no laboratório faz com que o aluno estude e compreenda o que está acontecendo e assim, pode replicar na prática levando exemplos para a sala de aula do que foi visto e estudado no laboratório, fazendo com que o aluno possa compreender o conteúdo em estudo.

Uma das questões das entrevistas realizadas com os alunos versava sobre o conceito de mol. As respostas foram diversas e, aqui serão analisadas em três tópicos: i) O estudo de mol na educação básica; ii) O estudo de mol na universidade e, iii) O estudo de mol na escola, envolvendo estágio e o PIBID.

i) O Conceito de Mol na Educação Básica.

Neste tópico, analiso como os alunos da graduação estudaram o conteúdo de quantidade de matéria na educação básica. Por exemplo, o aluno AC-1 explica que:

AC-1.: “No ensino médio, eu não me lembro muito bem, porque faz muito tempo, mas, eu acho que o professor deve ter ensinado [...] eu acho que ele falou, mas falou de forma muito superficial e passou batido, esqueci. Eu aceitei que mol é uma quantidade de matéria e eu ia usar aquele número para fazer as contas. Não é que eu entendia o conceito na época, eu apenas aceitei e pronto e fazia as contas com aquilo.”

Analizando o relato de AC-1, verifica-se que no ensino médio, seu professor não aprofundou a explicação sobre o conceito de quantidade de matéria, ou se o fez não foi de maneira significativa para que o aluno compreendesse sua origem ou o seu significado. Os autores Furió, Azcona e Guisasola (2002) trazem em seu artigo sobre as dificuldades que os professores encontram ao ministrar esse conteúdo no ensino médio, e dentre elas estão as dificuldades de sequenciamento dos conteúdos para introduzir o conceito de mol e a inadequação das metodologias de ensino comumente usadas (p. 238).

AC-5.: “Eu lembro pouco, mas tenho certeza que eu estudei e até achei claro como que a professora ensinou. Foi antes da gente entrar em estequiometria, eu tinha um pouco de dificuldade. Lembro que a professora usou uma analogia bacana para expressar o número de mols; para expressar o quão grande é essa quantidade. A professora usou um exemplo, uma analogia, envolvendo dinheiro. Ela comentou que, se o prêmio da loteria fosse um mol, mesmo esse valor sendo dividido entre toda a população do planeta, demoraria dez mil anos para cada pessoa gastar a sua parcela. Ela tentou expressar o quão grande é esse número. [...] E no final, mol expressa só uma quantidade, pode ser de qualquer coisa, mas, como é um número muito grande, a gente usa normalmente para mensurar partículas micro, como: átomos e moléculas.”

Identifica-se no relato de AC-5 a importância da professora do ensino médio, que além de abordar o conteúdo de quantidade de matéria, utilizou uma analogia envolvendo o cotidiano, que fez sentido para o aluno, tanto que até a data da entrevista, era possível recordar dos detalhes. De acordo com Silva Júnior, Dantas e Farias (2017),

as analogias são usadas nos processos de ensino para compreender algo desconhecido – no caso, a grandeza quantidade de matéria, relacionando-o a algo que já se conhece – no caso relatado por AC-5, o prêmio da loteria. Estes autores destacam a importância do uso de analogias nas aulas de Química, uma vez que esta envolve conceitos muito abstratos. Ao mesmo tempo, indicam a necessidade de avaliação, por parte dos professores, sobre a compreensão por parte dos alunos e a necessidade de adequar ou reelaborar as analogias usadas para explicar os conceitos químicos (SILVA JÚNIOR; DANTAS; FARIAS, 2017).

AI-1: “Na verdade, a professora da minha escola passava o conteúdo e mandava você explicar para os outros alunos que tinham dificuldade. Então tinha um certo déficit nisso, porque era do jeito que a gente entendia, não foi uma repassagem muito boa nesse conteúdo”.

AI-2: “A didática que ele usava era muito confusa, eu não conseguia entender a forma como ele passava e de certa forma, ele não contextualizava a relação de mol para que eu pudesse conseguir entender. Então, simplesmente eram aulas dadas, eu só copiava, eu não tinha entendimento do que eu estava fazendo.”

É possível identificar algo em comum nas falas de AI-1 e AI-2, que é a dificuldade que os professores do ensino médio encontram de ensinar esse conceito, e como consequência, os alunos acabam não compreendendo seu significado, apenas memorizando os valores e utilizando-os para resolver as expressões matemáticas.

O aluno ingressante AI-2 comenta sobre a forma como seu professor trabalhou este conteúdo no ensino médio:

AI-2.: “Me lembro, a didática do meu professor não era muito legal e isso fez com que eu tivesse mais dificuldade em entender a química e como ela está presente no nosso dia-a-dia. Eu não entendia o significado de mol e pra mim, mol era um “bicho”.”

Observa-se na fala de AI-2 que o professor do ensino médio apresentou o conteúdo de quantidade de matéria aos alunos. No entanto, sua metodologia de ensino não foi muito adequada, de acordo com a concepção e as lembranças deste licenciando, que demonstra que na época não conseguiu compreender o que seu professor queria ensinar. AI-2 destaca a falta de articulação do que era trabalhado em sala com situações do cotidiano. Segundo Wartha, Silva e Bejarano (2013, p. 84) levar o cotidiano para as aulas de Química é propiciar “um ensino de conteúdos relacionados a fenômenos que ocorrem na vida diária dos indivíduos com vistas à aprendizagem de conceitos”. Normalmente, estas inserções são usadas para introduzir um conteúdo, para

exemplificar, ilustrar e até mesmo para aguçar a curiosidade dos estudantes. Entretanto, AI-2 não destaca como o cotidiano poderia ser relacionado a situações da vivência dos alunos.

ii) Conceito na Universidade.

Neste tópico, analiso o relato dos alunos em relação ao conceito trabalhado na universidade.

AC-2: “Olha, para ser sincero, o professor não definiu. O professor não trouxe a definição de mol e já entrou naqueles conteúdos da ementa. Então, ele começou explicando a ligação do carbono, começou bem adiantado. A explicação sobre o que é quantidade de matéria, ele não definiu pois, já considerava que a gente entendia aquilo. A gente não estudou o conceito e sim, utilizou a constante, o número de mols para fazer os exercícios. E foi assim, em química geral, nas [Químicas] analíticas, principalmente na [Química Analítica] quantitativa, na qual precisávamos igualar o número de mols, determinar a concentração; e utilizamos também em físico-química.”

AI-5.: “O mol foi explicado a partir de uma unidade de medida. A gente usou o mol como uma unidade de medida, só que não teve uma definição prévia, porque o professor já tinha na cabeça que a gente já deveria ter aprendido isso no ensino médio.”

Nos relatos de AC-2 e AI-5, percebe-se que os professores do curso de graduação não revisaram o conceito de quantidade de matéria, pois parte-se do pressuposto que este conceito já foi estudado no ensino médio. Entretanto, como já discutido no item anterior, nem sempre este conceito está claro na cabeça dos alunos que acabaram de sair do ensino médio. Teixeira Júnior (2007) verificou fato semelhante quando investigou as aprendizagens de futuros professores sobre equilíbrio químico, quando muitos afirmaram que os conceitos não foram adequadamente apresentados nas disciplinas da graduação, pois os professores compreendiam que o assunto já fora compreendido no ensino médio. O que evidencia também o “despreparo pedagógico” de muitos docentes que atuam nestes cursos (MALDANER, 2000, p. 47).

P-2: “Na verdade chegam bem heterogêneo. Alguns já chegam sabendo, demonstram bastante intimidade com o conceito de mol e tem alguns que realmente não fazem ideia e isso já junta com a dificuldade que eles têm na matemática. Aí fica difícil de saber se a dificuldade está na matemática ou se está no conceito. Na Química analítica qualitativa eu não acho tempo para retomar isso; eu assumo que isso já foi visto na Química geral e que os alunos sabem o conceito de mol, ou já viram, já sabem usar e já sabem fazer. De modo geral, eu assumo que eles sabem. Eu não paro muito para pensar nisso.

Mas, parando para pensar agora, pode ser um erro e eu não tenho feito nada para tentar mudar isso. Talvez agora seja uma coisa interessante para se fazer.”

Neste trecho, é interessante perceber que o professor P-2, até aquele momento não havia refletido sobre a necessidade de repensar a forma como trabalha estes conceitos em suas aulas. P-2 percebe a importância de realizar uma revisão com os alunos e, provavelmente, irá mudar sua postura nas próximas disciplinas em que ministrar.

Da mesma forma, AC-3 relata a forma como o conceito foi tratado nas disciplinas específicas de Química, mas teve uma experiência diferente ao longo do curso.

AC-3:” No primeiro período, os professores já entenderam que a gente já sabia mol, então eles não revisaram. Na verdade, eu não sei o que significa a palavra mol e sim, como é expresso matematicamente. Então, eles já deram como entendido, que todo mundo já sabia e já foi falando, passando a matéria. Mas, se eu não estiver enganada em IEQ 2 (Instrumentação do Ensino de Química), teve um professor que ele explicou o conceito de mol, foi na primeira aula. A partir daí, a gente começou a entender o que seria mol. Eu lembro que ele levou uma balança e feijão e perguntou quanto pesaria o feijão, quanto seria o mol do feijão. Nisso, ele foi colocando os feijões na balança para ser pesado. É difícil, não é fácil não entender o conceito de mol.

P-2: “Talvez a dificuldade dos alunos seja por conta da forma fragmentada que isso é visto no curso. Eu assumo que isso já foi visto e só vou realmente para as aplicações. Não chego a retomar o conceito. Indico na primeira aula que isso é pré-requisito e que o aluno teria que saber isso, porque o tempo é curto e o cronograma é bem apertado. Então, acaba que isso não é retomado durante a disciplina e acho que eles só vêm na química geral, no primeiro semestre. O aluno fica perdido, confuso e tem uma série de outras dificuldades dada à importância do conceito para a química. Eu acho que a gente teria que pensar também porque atualmente acredito que os alunos terão muitas dificuldades.”

Neste trecho, AC-3 destaca desconhecer o significado da palavra mol, sabendo apenas usar o valor em resoluções de exercícios. Ao mesmo tempo, AC-3 comenta que o conceito foi mais bem compreendido em uma atividade relacionada ao ensino de Química. De acordo com Mizukami (2004, *apud* TEIXEIRA JÚNIOR, 2007, p. 28) os futuros professores “necessitam de um corpo de conhecimento profissional codificado e codificável que os guie em suas decisões quanto ao conteúdo e à forma de tratá-lo”. Para isso, é necessário que o futuro professor desenvolva durante o curso de graduação tanto conhecimento específico, quanto o conhecimento pedagógico da matéria. Assim, após a explicação que AC-3 teve na disciplina voltada ao conhecimento pedagógico do conteúdo, ela relata que passou a compreender o conceito.

Já AI-2 relata que:

AI-2.: “Para mim, na faculdade, o mol foi dado como uma unidade de medida qualquer. Por exemplo, se eu fosse no supermercado e pedisse uma dúzia de ovos, eu poderia fazer uma comparação com uma dúzia de mols mas, como é mais fácil a gente pedir uma unidade de ovo ou duas unidades, seria a mesma coisa do mol. Então, mol é uma unidade de medida qualquer que eu poderia representar, por exemplo doze unidades de mol. Portanto, eu entendo isso como uma unidade de medida.”

Diferente do que fora relatado pelos outros alunos, AI-2 afirma que o professor de Química Geral explicou a definição do conceito de quantidade de matéria relacionando com exemplos do cotidiano dos alunos. Entretanto a forma como AI-2 descreve, mostra confusão com a palavra unidade. No caso, quando ele afirma: “uma unidade de ovo ou duas unidades, seria a mesma coisa do mol”, é preciso lembrar que a unidade no caso de átomos, moléculas ou íons refere-se a espécies infinitamente pequenas, quando comparadas com ovos. Da mesma forma, um mol é um valor extremamente grande ($6,02 \cdot 10^{23}$) quando comparado com a dúzia (12).

Assim, identifica-se nos relatos dos alunos ingressantes e concluintes do curso de graduação, que os professores consideram que o assunto já fora estudado no ensino médio, logo, pouco ou nada se discute sobre o conceito nas disciplinas, apenas usando a unidade na resolução dos problemas e/ou dando prosseguimento aos conteúdos específicos da graduação. No tópico a seguir, verifico os trechos das entrevistas onde os alunos destacam experiências vivenciadas no retorno às escolas da educação básica, a partir do estágio supervisionado e/ou no PIBID, relacionadas a este conceito.

iii) Conceito na Escola (Estágio Supervisionado/PIBID).

Neste tópico será analisada a forma como os professores da educação básica trabalham o conceito de quantidade de matéria a partir das falas dos alunos que acompanharam estas aulas no PIBID e/ou no estágio supervisionado. Busca-se neste tópico analisar se essa vivência na educação básica contribuiu de alguma forma para o aprendizado dos licenciandos sobre o assunto em estudo. Vale ressaltar no começo deste tópico que, durante as entrevistas, os alunos apenas citaram as experiências vividas no PIBID e, portanto, nenhum dos alunos citou suas experiências vividas sobre este conceito durante a realização do estágio supervisionado.

AC-4.: “Eu fui entender mesmo o conceito de mol no PIBID, quando fazíamos atividades com a professora da escola... essas atividades

eram diferenciadas. A partir daí, que eu fui buscar entender. Tendo um diálogo com a professora é que eu consegui entender como surgiu esse conceito de mol, porque que tem aquele número, porque que tem aquelas fórmulas... Contudo, na faculdade eu não me recordo de ter visto isso desde o começo, de saber a origem de cada coisa... o que eu vi, aprendi no PIBID. A professora fez uma atividade prática e quem elaborou essa atividade foi uma aluna da graduação. Nessa atividade, os alunos iam para o laboratório, pesavam uma determinada substância e com aquela massa, descobriam a quantidade de mol que tinha ali, naquela substância em específico.”

Através do relato de AC-4 é possível verificar que a importância da participação no subprojeto PIBID para que ela compreendesse o conceito de mol a partir das conversas com a professora, para o esclarecimento de dúvidas que apareciam ao estudar este conteúdo, e do acompanhamento de aula e atividades experimentais com os alunos da escola. Da mesma forma, AC-2 relata a contribuição do PIBID para sua formação.

AC-2.: “O pouco que eu aprendi na universidade sobre o significado do que é mol foi durante a minha passagem pelo PIBID. No PIBID, nós temos essa preocupação com aquilo que é ensinado, ver como os professores fazem as definições, de fazer com que aqueles conceitos façam sentido na vida do aluno. Na graduação, exceto nas disciplinas do ensino, os professores não tiveram tanto essa preocupação. Mas na minha passagem pelo PIBID, eu pude aprender o conceito. Além de acompanhar as aulas, a gente deu algumas monitorias para os alunos. Uma delas, com a definição de mol... a gente usava a quantidade de matéria, o que é a unidade de massa atômica, que é um doze avos do átomo de carbono-12... Então um pouco que eu sei sobre esse conteúdo, eu aprendi no PIBID, e não nas matérias da graduação. Portanto, se eu tivesse visto apenas nas matérias da graduação, eu não teria segurança para ensinar o que é mol. Hoje, eu chegaria com o que eu aprendi no PIBID.”

Ao analisar a fala de AC-2, percebe-se novamente a crítica à forma como os professores das áreas específicas da química trabalharam o conceito em questão. Entretanto, o entrevistado cita que durante sua passagem pelo subprojeto PIBID pode aprender um pouco sobre o conceito, além de estar vivenciando as aulas da professora do ensino médio, além de auxiliá-la em atividades da escola, como as monitorias, na qual o entrevistado ajudava os alunos e ao mesmo tempo, ia aprendendo um pouco mais sobre este conteúdo. Durante as monitorias, o futuro professor tem a chance de identificar e compreender as dificuldades dos alunos em relação aos conceitos estudados, assim pode desenvolver novas maneiras de explicar, repensando e reelaborando os conceitos. Segundo Candau (2009 *apud* TEIXEIRA JÚNIOR, 2014, p. 161) durante a vivência nas escolas, o licenciando "aprende, desaprende, reestrutura o aprendizado, faz descobertas e vai aprimorando a sua formação".

4.2- Sobre as dificuldades para compreender o conceito de quantidade de matéria

Neste tópico, serão analisadas as dificuldades relatadas pelos alunos durante a entrevista sobre a compreensão do conceito de quantidade de matéria e também serão analisadas as falas dos professores entrevistados, quando relatam as dificuldades dos alunos durante as disciplinas da graduação. Os alunos AC-1, AC-3, AC-2 e AI-6 relataram dificuldades para compreender o conceito desde o ensino médio, conforme as falas a seguir.

AC-1: “Não é que eu entendi o conceito na época, eu apenas aceitei e pronto e fazia as contas com aquilo.”

AC-3: “Não é fácil entender o conceito de mol. Então eu tenho que pegar o conteúdo, estudar e entender, o que significa a palavra mol, para que eu tenha mais clareza e para eu consiga explicar isso para um aluno. Porque sinceramente, o que eu sei de mol envolve só matemática, matemática pura.”

AC-2: “A gente às vezes trata o mol como sendo só um número, mas, não paramos para entender o que é essa quantidade de matéria e que matéria é essa. Então, na nossa cabeça, isso fica confuso.”

AI-6: “Esse conceito não é muito fixo na minha mente. Ainda acho um pouco vago.”

Percebe-se nestas falas que os alunos conseguem utilizar o valor da constante de Avogadro, assim como fazer outras operações matemáticas envolvendo a unidade mol, entretanto, afirmam não compreender o significado desta unidade ou os conceitos envolvidos. Silva e colaboradores (2008) apontam que nas aulas de Química, “na ausência de significados, resta a memorização mecânica; em lugar da compreensão dos fenômenos, através de procedimentos envolvendo cálculos memorizados”. Além disso, estes autores destacam que o mol é um termo estranho ao vocabulário dos alunos, por isso, a importância deste ser bem conceituado durante as aulas.

Da mesma forma, Patrocínio e Reis (2016) identificaram em sua investigação, que os professores dão maior ênfase nos “aspectos matemáticos quando trabalham este conteúdo. Pouco ou nada é explorado do significado químico ou das suas aplicações para compreender outros assuntos” (p. 10). Segundo estas pesquisadoras, ao ingressar no ensino superior, essa defasagem do conceito continuará acompanhando o aluno durante toda a graduação; os professores universitários acreditam que o conceito de quantidade de matéria já foi estudado, e, portanto, o aluno já sabe. Os professores P-1 e P-3 percebem as dificuldades dos alunos em suas aulas:

P-1: “Eles não sabem o que é quantidade de matéria, a maioria deles não sabe. Talvez uma minoria, um ou dois por turma tenha uma noção do que é mol ou quantidade de matéria. Eles já chegam com muita dificuldade. Praticamente eles não têm o conceito formado ainda de mol, muito pouco.”

P-3: “São poucos os alunos que têm esse conceito definido na cabeça e não só ele, talvez o que dificulta o entendimento do que é quantidade de matéria é, o que é um átomo? o que é uma molécula? Então, tudo isso contribui pois, é um assunto que não está sedimentado na cabeça dele, não é frequente no dia-a-dia, não é frequente nas disciplinas do ensino médio, nem mesmo nas aulas de química pois, o conteúdo é passado rapidamente para o aluno. A grande maioria dos nossos alunos tem essa dificuldade no entendimento, não é só no conceito de mol, mas, é no conceito da química básica.”

Ainda de acordo com Patrocínio e Reis (2016, p. 10), a dificuldade de aprendizagem relacionada aos conceitos de quantidade de matéria “não é sanada no ensino médio, quando o educando é colocado à frente de tal assunto pela primeira vez”. Como consequência, ao cursar as disciplinas iniciais da graduação, o aluno terá dificuldade de acompanhar o conteúdo devido à essa defasagem e consequentemente ocorrerá altos índices de reprovação e desistência do curso.

O professor P-1 relata outra dificuldade identificada em suas aulas:

P-1: “Quando é passado o conceito de mol aos alunos é bem simples. Acredito que eles até entendam, mas, eles têm muita dificuldade... eles confundem muito mol com massa. Então, quando a gente trabalha tabela periódica onde a massa molar é dada em gramas por mol, por exemplo, eles confundem massa com mol e vejo que a dificuldade deles é essa.”

Tal dificuldade foi identificada por Rogado (2004, p. 64), que afirma que ser “comum definir-se e usar a ideia errônea de que o mol é a massa atômica ou molecular expressa em gramas, o que ocasiona problemas na transposição do universo macroscópico (fenômenos) para o microscópico (teórico-conceitual).” Este pesquisador destaca ainda a importância dos professores mostrarem que esta grandeza é definida “de forma relacional com a massa, com o volume ou com o número de entidades elementares contidas na substância [...], mas não se identifica com nenhum desses conceitos, apesar de todas se associarem ao mesmo objeto de investigação” (ROGADO, 2004, p. 68).

Outra dificuldade dos alunos foi apontada pelo professor P-2 envolvendo estequiometria numa reação química:

P-2: “Alguns tem uma tendência de transformar a relação estequiométrica em número de mols para a relação em massa. Então, a

relação de um para um, alguns alunos acham que 1 grama de um composto vai reagir com 1 grama do outro e daí, tem que fazer todo esse trabalho com eles de conversão do número de mols para massa e tudo mais.”

Silva e Rocha-Filho (1995, p. 12) afirmam que “ainda hoje é muito comum se definir, e usar neste sentido, que o mol é a massa atômica ou molecular expressa em gramas”. Além disso, estes pesquisadores ressaltam que “em cálculos estequiométricos, é a massa molar a grandeza a ser usada, e não massa atômica ou molecular” (SILVA; ROCHA-FILHO, 1995, p. 13). E, sobre as dificuldades para compreender as relações estequiométricas e a diferença entre a massa molar das substâncias e a quantidade de matéria, Mortimer e Miranda (1995) deve-se ao fato de muitos alunos não compreenderem que nas reações químicas ocorre um rearranjo dos átomos, o que leva à conservação da massa.

O professor P-3 demonstra preocupação com as dificuldades dos futuros professores que irão ministrar este conteúdo em suas aulas.

P-3: “Então hoje, se a gente não soluciona esse problema na química geral, o aluno não tem a oportunidade nas outras disciplinas de compreender esse conceito e aí, se ele não consegue compreender bem isso, ele terá dificuldade enquanto professor de passar essa informação mais clara possível para os seus alunos. [...] Mas hoje o que eu sinto e vejo é que essa dificuldade não é sanada e deveria começar lá do início, na química geral porque aí vai sedimentando à medida que o aluno vai caminhando no curso. Todo semestre, vendo uma disciplina de química, tratando do conteúdo, falando de unidades elementares, falando da quantidade de matéria, chega lá no final o aluno vai estar com o conteúdo bem sedimentado e não terá dificuldade de transmitir esse conceito para a frente.”

Rogado (2004) cita em seu trabalho que a construção de um conceito se torna um problema por parte do aluno, não pela sua dificuldade de compreender e entender, mas sim pela falta de clareza do conteúdo que o professor passa aos alunos, por não ter o domínio e o significado destes conceitos. Ainda neste mesmo trabalho, Rogado (2004) relata que durante o ensino do conceito de quantidade de matéria se houver confusão ou dúvidas em relação ao significado da grandeza quantidade de matéria é provável que quem esteja explicando esse conceito, aprendeu de forma errada e está repassando algo que não foi compreendido corretamente.

Para contornar tais dificuldades, o professor P-3 traz uma sugestão, para ajudar os alunos que ingressam no ensino superior com defasagens sobre os conceitos, conforme a fala a seguir.

P-3: “Por outro lado, se a gente conseguir em projetos paralelos às disciplinas, como a química geral, nós tivemos no passado uma disciplina chamada pré-química, cujo objetivo era dar um nivelamento de conceitos básicos de química para os alunos ingressantes concomitante ao que eles faziam e viam em química geral. Eu acho que isso, de certa forma acaba ali cumprindo um papel que seria importante. O aluno vai ao longo da disciplina de química geral, adquirindo um conhecimento que não vai ver em química geral, mas, que seria obviamente necessário a ele vencer química geral.”

Desta forma, o aluno da graduação vai estudando e adquirindo a definição destes conceitos e aos poucos sedimentando esses conceitos em sua mente e assim, com o término da graduação, este aluno estaria pronto para poder atuar no ensino básico, ensinando seus futuros alunos e evitando com que essas dificuldades se alastrem para as futuras gerações de estudantes.

4.3- Como explicar? Realização de uma análise entre alunos e professores.

Nesta parte da categoria, analisarei os relatos dos alunos ingressantes e concluintes sobre a maneira como compreendem o conteúdo de quantidade de matéria. Como explicado na metodologia, aos alunos foram apresentadas duas questões do ENEM sobre o assunto, com o objetivo de verificar como estes explicariam tais questões à alunos do ensino médio.

Ao analisar as respostas dos alunos concluintes, verifiquei que todos relataram resolver as questões propostas utilizando a regra de três, assim como para explicar essas questões para o ensino médio, conforme recortes das falas a seguir.

AC-1: “Para resolver a primeira questão eu peguei a quantidade de [cálcio em] miligramas que o brasileiro consome em média e multipliquei por dois, porque no exercício diz que o recomendado é o dobro. Depois, eu peguei essa quantidade que é recomendada por dia e vi quantos mols tem nela, quantos mols de cálcio. Porque se a massa molar dele é 40 gramas por mol então, nessa quantidade que é recomendada, quantos mols tem? Daí, eu converti em números de mol de cálcio, aí eu tenho o número de mols... eu multipliquei pela constante de Avogadro e achei a quantidade de átomos de cálcio que tem que consumir por dia. Foi assim que eu fiz a primeira questão.”

AC-2: “Na questão número 1, o exercício está falando sobre o cálcio e que a gente consome metade da quantidade de cálcio que deveria consumir. Lá no final da questão, o exercício pergunta quanto em átomos nós deveríamos consumir de cálcio... A palavra deveria é aquilo que é indicado; o mínimo que a gente deve conferir antes de resolver o exercício. Aí, o que eu pensei, vim no exercício e destaquei o 1 grama, porque o exercício me deu essa informação importante.

Destaquei também o 40 gramas por mol. [...] Então, o que eu utilizei nesse exercício, uma boa leitura do enunciado pois, eu poderia me confundir usando o valor de 1500 mg; saber a constante de Avogadro; e saber fazer essas proporções, se o exercício está me perguntando em átomos, vou passar o número de Avogadro em átomos e chegar na resposta final. Foi assim que eu resolvi.”

Percebe-se que tanto AC-1, quanto AC-5 utilizam a regra de três para resolver a primeira questão. AC-1 demonstra em sua resposta um cuidado na interpretação do texto, na qual o exercício pedia a dose diária recomendada para o consumo de cálcio. Já AC-2 destaca maior cuidado com a interpretação do enunciado, na identificação dos valores que serão necessários para a resolução do exercício. A interpretação também foi apontada por AI-2, mas para justificar suas dificuldades.

AI-2: “A questão número 2 eu tentei, mas não consegui resolver este exercício, porque eu acredito que os meus conhecimentos de mol estão vagos ou porque também eu tenho muita dificuldade em interpretação de texto. No caso das questões do Enem eu preciso ter uma interpretação de texto melhor para conseguir resolver.”

Nos trechos a seguir, verifiquei a mesma preocupação com a interpretação dos enunciados nas falas dos alunos ingressantes.

AC-2: “A questão número 2 eu fiz da seguinte forma. Como ela é uma questão extensa, onde traz um tanto bom de informação. Então, é uma questão que você pode se perder no meio do caminho. Para evitar que isso acontecesse, eu extraí os dados, organizei de tal forma que eu conseguisse separar. Por exemplo, separei o comprimido do suco, que no exercício fala a quantidade em mols presente no comprimido e na outra parte fala da quantidade em gramas presentes em 200 ml de suco. Separei esses dois, as informações do comprimido e as informações do suco e fiz suas respectivas proporções.”

AI-6: “A questão 1 diz que o brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia sendo que a quantidade necessária é o dobro, ou seja 1 grama. Aí, a questão fornece a informação de 40 gramas por mol, que é a massa molar do cálcio e multipliquei a massa molar pela quantidade necessária e achei então 40 gramas que fica o mesmo valor. Depois a gente vai dividir a constante de Avogadro pela massa molar e obteremos $1,5 \times 10^{22}$. Desta forma descobrimos a quantidade mínima de cálcio ingerida que uma pessoa precisa.”

Nestes recortes das explicações verifica-se a preocupação dos alunos com o entendimento dos enunciados das questões. Identifico nas falas destes alunos a compreensão de que para se resolver um problema – em especial, um problema como o que fora apresentado, com *“uma questão extensa, onde traz um tanto bom de informação”* (AC-2) – não basta memorizar ou saber identificar fórmulas, mas é preciso a leitura cuidadosa, interpretando o que se pede. Esta é uma das habilidades apontadas

na matriz de referência do ENEM e indicam a necessidade do candidato à prova identificar as ideias centrais das informações apresentadas no enunciado e interpretá-las buscando explicações e significados para aquela informação (FREIRE; SILVA; SILVA JÚNIOR, 2016).

Já AC-3 e AI-4, apesar de destacarem o valor da constante e utilizarem a regra de três para resolver a questão, chegaram a resultados incorretos, justamente por não terem se atentado às informações apresentadas no texto.

AC-3: “O que eu associei, a número 1 ele me fala que em 1 mol equivale a 40 gramas e que equivale ao número de Avogadro que equivale a 6×10^{23} e eu transformei 500 miligramas para gramas, porque já que eu estou trabalhando com unidades de gramas, eu transformei miligramas para gramas. Em seguida eu faço a regrinha de três que deu o valor de $7,5 \times 10^{21}$.”

AI-4: “Na primeira questão eu pensei da seguinte forma: 1 mol tem 40 gramas então equivaleria a 6×10^{23} . Ao mesmo tempo 1 grama de cálcio equivaleria a 40 gramas por mol. Então teria que calcular um valor 1 grama equivale a quantos mols? Sendo assim, calculei usando a regra de três.”

A aluna AI-4 realiza uma regra de três para encontrar o número de mol e finaliza o exercício neste ponto, sendo que a quantidade de átomos que deveria ser consumida não foi calculada. Sendo assim, AI-4 não chegou na resposta esperada do exercício, deixando-o incompleto e assim, errando a questão proposta. Já a aluna AI-4, que não conseguiu resolver o exercício inicialmente, durante a entrevista, teve a oportunidade de refletir e chegou a seguinte interpretação.

AI-4: “Na questão 2, eu pensei da seguinte maneira: 1 mol tem 176 gramas de ácido ascórbico aí eu pensei assim, 0,006 que é a quantidade do comprimido tem quantos gramas por mol? Sendo assim, eu calculei que aí deu 1,056 gramas. Dando continuidade, eu esqueci de fazer a segunda parte que foi aí que eu errei a questão. Eu devia ter calculado a quantidade de litros necessária que aí eu ia calcular 0,2 litros tem 0,07 aí eu teria que ver, em 1,056 gramas, quantos litros teria, eu foi essa parte que eu esqueci e acabei errando o exercício.”

Durante a entrevista, AI-4 extrai as informações do texto e encontra a massa do ácido ascórbico, mas não consegue desenvolver o raciocínio, começa a achar o enunciado muito difícil e desiste de tentar. Alguns minutos depois, ela percebe que no texto há uma informação importante sobre o suco de laranja que a permite relacionar com a massa encontrada antes e ao realizar uma segunda regra de três, consegue descobrir o valor aproximado em litros.

Nos trechos a seguir, verifica-se como alguns alunos resolveram as questões, demonstrando atenção na necessidade de fazer conversões das unidades antes de iniciar a resolução dos problemas.

AC-5: “Na primeira questão, inicialmente faria a conversão de todas as unidades para a mesma unidade de medida, de todos os valores para a mesma unidade de medida, depois eu usaria uma regra de três para descobrir, por exemplo quantos mols existem em 1 grama de cálcio. Ai eu chegaria no valor de $1/40$ avos de mol. Com isso em mãos e sabendo que 1 mol tem 6×10^{23} eu conseguiria calcular o número de átomos de cálcio que seria $1,5 \times 10^{22}$.

AC-1: “A segunda questão, primeira coisa que temos que analisar é que tem dados cujas unidades são diferentes e necessitamos convertê-las para mol, portanto a primeira coisa que eu fiz, foi converter para mol. Se ele deu a massa molar do ácido ascórbico que é 176 gramas por mol então, num suco com 0,07 gramas tem quantos mols?”

Nas respostas de AC-5 e AC-1 percebe-se a necessidade de conversão de unidades de todos os valores antes de resolver o exercício. É importante destacar esse cuidado, pois “facilita o raciocínio e permite compreender melhor as etapas envolvidas em cada tipo de cálculo” (LEITE; SOARES, 2018, p. 46) antes de resolver o problema.

Nos próximos trechos das respostas, são destacados os procedimentos de alguns alunos sobre os caminhos utilizados para resolver o problema a partir da regra de três.

AC-2: “No comprimido, estabeleci a relação entre 1 mol e a quantidade em gramas, já que o exercício me deu a massa molar do ácido ascórbico e no outro, como o exercício me deu uma proporção, ele me deu uma informação em grama que é 0,07 gramas em 200 ml, então eu vou achar isso em 1 mol, onde tenho 176 gramas. Assim como eu fiz para o comprimido, só que eu queria achar a quantidade em mol, já que ele me deu 0,07 gramas, quer dizer, eu só estabeleci essas proporções. Não utilizei as duas, eu utilizei a do comprimido primeiro. Fui lá e achei a quantidade em gramas, em massa de ácido ascórbico no comprimido e eu fiz a seguinte reflexão. Se em 0,006 mols eu tenho 1,056 gramas, o exercício me perguntou em litros, agora eu preciso achar em litros do outro lado. Então eu fiz a seguinte proporção, se em 0,07 gramas está para 200 ml e essa quantidade em gramas que eu achei no comprimido de ácido ascórbico, irá me dar um valor x que será em litros. Então eu fiz essas proporções até chegar no resultado.”

AC-3: “A número 2 também resolveria por regra de três. O que eu fiz? O exercício deu no enunciado que a vitamina C é 176 gramas por mol. Então eu sei que 1 mol equivale a 176 gramas, e no enunciado fala que o comprimido efervescente contém 0,006 mols de ácido ascórbico. Ai eu faço a relação de mol para grama que me dá o valor de 1,056 gramas presente em 0,006 mol de ácido ascórbico. Depois, o exercício pergunta, quantos litros de suco de laranja vai corresponder à quantidade de ácido ascórbico presente em 1 comprimido

efervescente. Já que eu achei a quantidade de gramas presente em 1 comprimido e no enunciado ele me falou que 0,07 gramas de ácido ascórbico se dissolve em 200 ml de suco, eu transformo esses 200 ml para litro e faço a relação de gramas para litro que me deu o valor correspondente a aproximadamente 3.”

AC-1: “Aí, eu achei o número de mols que tem em 0,07 gramas. Só que, esse número de mols é em 200 ml, então você tem que converter para um litro. Se em 200 ml tem essa quantidade de mols, quanto que tem em 1 litro? Em seguida, eu achei a quantidade de mol que tem em 1 litro de suco e multipliquei essa quantidade até dar o número de mols que tem em 1 comprimido, porque o exercício está perguntando, quantos litros de suco precisaria para dar a mesma quantidade de um comprimido efervescente. Fazendo essa multiplicação, o resultado obtido foi aproximadamente 3 litros de suco para dar um comprimido pela quantidade de mols de ácido ascórbico que tem em 1 litro de suco.”

AI-2: “A questão número 1 eu resolvi da seguinte forma, eu peguei 1 mol que equivale a 6×10^{23} e fiz uma regra de três, x para 40 gramas fazendo a regra de três deu 6×10^{23} dividido por 40. Então, eu coloquei em cima em exponencial para poder dividir, no caso 60×10^{22} dividido por 40, aí ficou $1,5 \times 10^{22}$.”

AC-5: “Na segunda questão, primeiro eu achei o número de mols contidos em 200 ml de suco de laranja, também através de regra de três e o número de mols encontrados foi aproximadamente 4×10^{-4} . Com isso em mãos, eu multipliquei por 5 para saber a quantidade em litros e depois fiz uma regra de três. Como eu sei a quantidade em mols que existia no comprimido que é 0,006 mols, eu fiz uma regra de três e descobri que em 3 litros de suco de laranja contém exatamente 0,006 mols de vitamina C.”

Na resolução da segunda questão, AC-5 relata uma abordagem diferente dos demais. Após realizar algumas conversões e regras de três, AC-5 identificou no texto que a quantidade de matéria que havia no comprimido era de 0,006 mol e, com isso, chegou ao resultado esperado. Porém, a forma de explicar a resolução deste exercício foi um pouco confusa, o que poderia dificultar a compreensão por um aluno da educação básica.

AC-2: “Então, eu pego esse 40 gramas, se ele está para 1 mol, então eu tenho que lembrar da constante de Avogadro, já que a constante de Avogadro fala que 6×10^{23} entidades, átomos, moléculas, íons... Só que o exercício está falando de átomos, então será 6×10^{23} átomos. E se a quantidade mínima que eu tenho que consumir diária é 1 grama equivale a x que é o resultado que eu pretendo saber em átomos. Agora, se eu fizer uma regra de três simples aqui eu consigo achar o resultado que é $1,5 \times 10^{22}$.”

Em suas respostas, AI-2, AC-5 e AC-2, destacam o valor da constante de Avogadro e detalham as etapas necessárias para chegar à conclusão da questão. AC-2

faz uma ressalva muito interessante que é a entidades que o exercício está pedindo, que no caso será dado em átomos, então a constante de Avogadro tem que ser dada em átomos. O mesmo cuidado foi identificado num trecho da fala do professor P-2:

P-2: “Eu acho que teria que destacar que o mol é um conjunto de unidades elementares, sejam eles, íons, átomos ou moléculas. E na verdade, tudo que é válido para essa unidade vai ser válido para o conjunto. Vamos pensar num exemplo, imagina que temos uma receita que eu tenho um ovo para um copo de leite, então se eu usar uma dúzia de ovos eu tenho que usar uma dúzia de copos de leite, porque de novo, a unidade que vai é válida também para o conjunto que seria o número de mols. E pensar, como todas as relações ali estequiométricas e relações químicas, acontecem de átomo-átomo; de íon-íon; de molécula-molécula. Por isso que é importante definir esse conjunto, pois para trabalhar com átomos e moléculas precisa de um conjunto grande e a vantagem de se trabalhar com quantidade de matéria, essas relações que existem entre as reações químicas que vão se manter.”

Leite e Soares (2018, p. 50) destacam que a realização de cálculos a partir da “aplicação de regra de três exigem um raciocínio de proporcionalidade, raciocínio este que faz parte da prática cotidiana do educando”. Por isso, estes autores acreditam na importância desta estratégia por possibilitar a abstração dos conceitos químicos. Entretanto, dentre os alunos entrevistados, apenas AI-1 e AI-3 citaram o uso de fórmulas para resolver a questão, conforme os recortes de suas falas a seguir.

AI-3: “A primeira questão como se tratava só de saber o número e a quantidade de mols, eu resolveria pela fórmula que a gente aprendeu no ensino médio e na graduação, que é a quantidade de mols igual à massa do composto dividido pela massa molar. Como foi dada a constante de Avogadro que é 6×10^{23} mol, eu posso dividir pela quantidade da massa molar também que é 40 gramas e eu acharia agora, a quantidade de número de mols que foi $1,5 \times 10^{22}$ átomos de cálcio que o problema estava pedindo.”

Novamente citando Leite e Soares (2018), estes autores criticam a ênfase que muitos professores, assim como os livros didáticos dão à memorização e à manipulação de fórmulas para resolução de exercícios, fazendo com que o aluno desenvolva apenas a “habilidade de fazer contas matemáticas, mas não relacioná-la com a química” (p. 42). Os autores alertam também para o fato de que um aluno que sabe usar corretamente uma fórmula não significa que este consiga compreender o conceito químico envolvido, o que fica evidenciado nas falas de alguns alunos ingressantes.

AI-3: “Já a segunda questão, eu tentei de várias formas e não consegui resolver, porque como se tratava de duas coisas complexas, no quesito de resolver na hora, eu tentei fazer de duas formas: concentração

molar e a concentração comum, das duas formas eu achei o valor correspondente, só que como tinha o 10×10^{-5} lá na frente, eu fiquei meio em dúvida e acabei não conseguindo resolver a questão; não consegui achar o valor correto. Só que de uma forma ou de outra, eu achei o valor, entre aspas.”

AI-1: “A questão um eu não consegui resolver, tive um pouco de dificuldade, porém, se eu tivesse resolvido como pensei teria dado certo. Eu resolveria pela fórmula do número de mols que é a massa dividido pela massa molar.”

O aluno AI-3 demonstra dúvidas em qual fórmula usar: “concentração molar” ou “concentração comum”? Diante disso, não consegue desenvolver outro raciocínio e não finaliza o exercício. Analisando a fala de AI-1 percebe-se que ao realizar este exercício, o aluno sentiu muitas dificuldades e relatou que achou este exercício muito difícil e assim, não conseguiu chegar na resposta esperada. Porém, depois de ler novamente o exercício com calma, este aluno chegou à conclusão de que não era um exercício difícil de se resolver e até sugeriu a maneira de como o faria.

Já AI-1 e AI-6 indicaram em suas respostas o uso combinado da fórmula e da regra de três para resolver a segunda questão.

AI-1: “A questão número 2, eu faria encontrando a concentração do suco e depois disso eu fiz uma regra de três para descobrir a quantidade de líquidos do suco, porém, não deu certo e não consegui resolver a questão proposta.”

AI-6: “A questão número 2 o exercício fornece a massa molar da vitamina C que é 176 gramas por mol e fala também que existe em 0,006 mol por comprimido. Então eu vou multiplicar os dois. Assim, é possível eliminar a molaridade e deixar só a grama e obtemos o valor de 1,056 gramas. Em seguida realizamos uma regra de três simples que diz que a cada 200 ml existem 0,07 gramas de ácido ascórbico. Portanto, sabemos que temos 1000 miligramas e iremos fazer 200 multiplicado por 1000 e depois dividiremos por 0,07 e então chegaremos em 3 litros de suco.”

Percebe-se a dificuldade que muitos alunos ingressantes tiveram para resolver os exercícios propostos. Além disso, identifiquei nas entrevistas que, dentre os alunos concluintes maior ênfase na resolução dos exercícios utilizando a regra de três e, dentre os alunos ingressantes identificou-se o uso de fórmulas. Acredito que esta característica se deve ao fato dos alunos concluintes conseguirem interpretar os cálculos a partir da proporcionalidade, relacionando com os conceitos químicos envolvidos.

O professor P-3 destacou como essas relações poderiam ser feitas durante as aulas de Química no ensino médio.

P-3: “Eu acho que primeiro, o professor deve associar com outras unidades já sedimentadas pelos alunos, como as unidades de volume, de massa, de comprimento... litros, mililitros, gramas, quilogramas, metros... Enfim, fazer uma relação com essas quantidades porque o mol é só mais uma unidade assim como as outras. Mas, uma unidade que se refere à quantidade de matéria que é muito específico dentro da ciência, dentro da química. Então, talvez fazer esse paralelo com essas outras unidades de medida, que eu acho que já auxilia um pouco no entendimento de quem está compreendendo. Então, o aluno entender que gramas, mililitros, metros e mol são unidades de medida e cada uma se refere a uma medida específica, na qual uma é uma medida de massa, a outra medida de volume, a outra medida de comprimento e a outra medida de quantidade de matéria. Então, eu acho que o aluno começa a familiarizar com um conceito que é um pouco mais complexo de falar das entidades $6,02 \times 10^{23}$ moléculas, átomos, íons mas, ele entender que o mol é só mais uma unidade que ele vai passar a conhecer talvez, ele comece a familiarizar melhor esse conceito.”

P-1: “Eu acredito que os futuros professores terão dificuldades, porque quantidade de matéria não é uma unidade que se é usada no dia-a-dia das pessoas. Então, isso foge um pouco do poder do professor pois, ele aprende desde pequeno o que é uma dúzia, o que é uma centena; um milhar mas, ele não aprende o que é um mol, quanto que vale um mol, então eu acho que por ser uma grandeza muito grande, por ser um valor muito grande de quantidades, eles tem essa dificuldade já que não estão habituados.”

P-1: “Eu acho que para começar, esse conceito teria que ser ensinado e repetido durante todo o ensino médio, seja no 1º, 2º e 3º ano do ensino médio, dado e repetido, talvez assim, você consiga ensinar esse conceito aos alunos. Já o conselho que eu daria, seria insistir na relação do mol com as coisas do dia-a-dia deles. Por exemplo, se eles pegam uma dúzia de ovos, quanto seria um mol de ovos? Então, tentar colocar isso daí no dia-a-dia deles para ver se eles entendem o conceito de quantidade de matéria, porque o mol é trabalhado só quando você trabalha com átomos, moléculas e não é extrapolado para fora disso, porque as pessoas realmente não utilizam por ser uma quantidade muito grande, então eu daria esse conselho a eles.”

Na fala de P-1, destaca-se a importância que é atribuída a este professor sobre o conceito de quantidade de matéria durante o ensino médio e, em seguida, destaca a necessidade de associar o conceito ao cotidiano dos alunos, com o intuito de facilitar a aprendizagem e tornar este conteúdo menos abstrato.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Nesta investigação buscou-se compreender quais as dificuldades dos futuros professores de Química em compreender os conceitos relacionados a quantidade de matéria. Para isso, foram analisadas as concepções de alunos e professores de um curso de licenciatura em Química.

Compreender esse conceito, significa compreender como os químicos estabelecem relações entre as quantidades de átomos, íons, moléculas, elétrons ou qualquer outra partícula ou grupo de partículas. Envolve ainda a compreensão de que qualquer amostra de substâncias contém um número extremamente grande das partículas que as constituem. Entretanto, na educação básica muitas vezes este conteúdo é deixado de lado pelos professores ou trabalhado de forma resumida, muitas vezes sem apresentar as definições, restringindo à aplicação em atividades que envolvem apenas proporções ou aplicações de fórmulas. Isso pode estar associado à falta de preparo dos professores, que podem não ter tido uma formação adequada no que se refere ao conteúdo.

A partir da revisão da literatura relacionada às pesquisas sobre os processos de ensino e aprendizagem deste conceito e das análises das concepções dos sujeitos que participaram desta investigação, pode-se verificar que os futuros professores de Química possuem muitas dificuldades em compreender o conceito de quantidade de matéria. Verificou-se que a origem dessas dificuldades teve início no ensino médio, quando os conceitos foram abordados de forma superficial, muitas vezes sem apresentar a definição ou a origem das ideias relacionadas à quantidade de matéria. Segundo os alunos que participaram desta investigação, no ensino médio, priorizavam-se atividades de resolução de exercícios matemáticos envolvendo mol e a constante de Avogadro.

Ao ingressar no ensino superior essas dificuldades não são sanadas, pois os professores universitários ao ministrarem as aulas, principalmente nas primeiras disciplinas como Química Geral, subentendem que os alunos já viram esses conceitos e não revisam, não definem e nem explicam o significado dos termos relacionados à quantidade de matéria. Assim, muitos alunos têm dificuldades com os conteúdos das disciplinas que dependem do entendimento destes conceitos; alguns tem dificuldades em continuar os estudos, desistem das disciplinas e outros até evadem do curso.

Reconhece-se que o curso de licenciatura em química deve possibilitar que o licenciado em Química tenha formação generalista, mas sólida e abrangente em

conteúdos nos diversos campos desta Ciência, preparação adequada à aplicação pedagógica do conhecimento e experiências de Química e de áreas afins na atuação profissional como educador na educação fundamental e média (BRASIL, 2001, p. 4). Entretanto, os professores que participaram das entrevistas confirmaram impressões semelhantes às dos alunos: prioriza-se a resolução de exercícios matemáticos envolvendo mol, a constante de Avogadro, proporções e os cálculos estequiométricos e, consideram que o conceito de quantidade de matéria ou mesmo a questão histórica relacionada a ele já foram vistos no ensino médio, logo não são retomados nas disciplinas da graduação. Alguns professores percebem a necessidade de mudar suas práticas, motivados pelas reflexões ao longo da entrevista.

Assim, com esta atividade de pesquisa realizada com os professores e futuros professores de Química, verificou-se que estes confirmam que os conceitos relacionados à quantidade de matéria são complexos, tanto para a sua aprendizagem como para o ensino na educação básica. Poucos tiveram contato com as definições associadas a este conteúdo no ensino médio e outros relataram um aprendizado muito superficial, sendo o conteúdo apresentado de forma pronta e acabada, priorizando apenas os aspectos matemáticos. Entretanto, percebe-se a preocupação dos professores e dos futuros professores com os processos de ensino e aprendizagem deste conteúdo na educação básica, sabem que devem aprimorar-se cada vez mais para enfrentar as próprias dificuldades e, visando se tornarem bons profissionais, compreendendo a necessidade de melhores estratégias de ensino.

Verificou-se que os alunos possuem muitas dificuldades relacionadas ao conceito de quantidade de matéria; em relação aos professores notou-se uma grande preocupação quanto aos alunos possuírem grandes dificuldades, alunos que estão na graduação, e futuramente serão professores que atuarão no Ensino Médio; e quando ministrarem a seus alunos o conteúdo quantidade de matéria, poderão exibir dificuldades para ensinar se não conseguiu compreender o assunto, causando confusão e dificuldades para as próximas gerações, gerando assim, um ciclo vicioso.

Já em relação à história da química no ensino do conteúdo sobre quantidade de matéria é uma ferramenta essencial ao aprendizado do aluno e que é pouco utilizado durante a aplicação deste conteúdo, seja no ensino básico ou na graduação, fazendo com que o aluno tenha uma ideia errada de que a química é uma disciplina pronta e acabada, fazendo com que o aluno se interesse pouco por essa disciplina que é uma disciplina que contém muitos conteúdos interessantes e importantes a serem estudados mais a fundo

podendo ser investigado. No caso sobre a quantidade de matéria, poderiam ser estudadas novas metodologias de ensino-aprendizado que auxiliem os professores do ensino médio e até da graduação com este conteúdo complexo de se aprender e ser ensinado.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. In: **Diário Oficial da União**, de 7/12/2001, seção 1, p. 25. 2001.
- CHAGAS, A. P. Os noventa anos de les atomes. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 36-38, 2003.
- COLAGRANDE, E. A. Desenvolvimento de um jogo didático virtual para o aprendizado do conceito de mol. 2008. 110 f. **Dissertação** (Mestrado) Universidade de São Paulo, 2008.
- FREIRE, M. S.; SILVA, M. G. L.; SILVA JÚNIOR, C. N. Análise de instrumentos de avaliação como recurso formativo. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 1, p. 33-39, 2016.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. **Enseñanza de las Ciencias**. Nº 17 (3), p. 359-376, 1999.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. **Enseñanza de las Ciencias**. Nº 20 (2), p. 229-242, 2002.
- KAPLAN, I. Física nuclear. Tradução de José Goldemberg. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.
- LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012/2015. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 2, n. 1, p. 41-60, 2018.
- LOURENÇO, I. M. B.; MARCONDES, M. E. R. Um Plano de Ensino para MOL. **Química Nova Na Escola**. Nº 18, NOVEMBRO, 2003.
- MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Ijuí: Unijuí, 2000.
- MÓL, G. S.; FERREIRA, G. A. L.; SILVA, R. R.; LARANJA, H. F. Constante de Avogadro: É simples determiná-la em sala de aula. **Química Nova Na Escola**. Nº 3, MAIO, 1996.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações – concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 23-26, 1995.
- NERY, A. R. L.; BASSI, A. B. M. S. A quantidade de matéria nas ciências clássicas. **Química Nova**. Vol. 32, Nº 7, p. 1961-1964, 2009.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.
- OLIVEIRA, C. L. UM APANHADO TEÓRICO-CONCEITUAL SOBRE A PESQUISA QUALITATIVA: TIPOS, TÉCNICAS E CARACTERÍSTICAS. **Educação, Cultura, Linguagem e Arte**. Travessias, ed. 04, ISSN. 1982-5935.
- PATROCÍNIO, S. F.; REIS, I. F. A grandeza “Quantidade de Matéria” e sua unidade, mol: Uma investigação realizada com docentes das universidades de Minas Gerais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18., 2016. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2016. p. 1-12.

- PATROCÍNIO, S. O. F. Contribuições da História da Ciência para a ressignificação do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade de medida, mol. 2018. 156 f. **Tese** (doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.
- ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Os pesos atômicos deixam de ser constantes: dez elementos passam a ter intervalos de pesos atômicos. **Química Nova Na Escola**. Vol. 33, Nº 4, NOVEMBRO, 2011.
- ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. Sobre o uso correto de certas grandezas em química. **Química Nova**. Nº 14 (4), 1991.
- ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004.
- SILVA JÚNIOR, O. J.; DANTAS, D. S.; FARIAS, R. F. **Ensino de Química**: o uso de analogias. Ed. Átomo, 2017, 119f.
- SILVA, J. L. P. B.; OKI, M. C. M.; DOTTO, R. R.; MORADILLO, E. F. Ensino-aprendizagem do conceito de quantidade de matéria. II. In: Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008.
- SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C. MOL: Uma Nova Terminologia. **Química Nova Na Escola**. Nº 1, MAIO, 1995.
- TEIXEIRA JÚNIOR, J. G. Formação Docente: conhecimento do conteúdo específico, se eu não entendo, como posso explicar. **Dissertação** (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia, 2007, 132p.
- TEIXEIRA JÚNIOR, J. G. Contribuições do PIBID para a formação de professores de Química. **Tese** (Doutorado em Química). Universidade Federal de Uberlândia, 2014, 182p.
- WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICES.

APÊNDICE 1 - Roteiro da entrevista realizada com alunos ingressantes

ALUNOS INGRESSANTES (AI).

1ª PARTE:

Questão 1. O que você entende por mol ou quantidade de matéria?

Questão 2. Você se lembra de ter estudado esse conteúdo no ensino médio? Como foi? Teve facilidade para entender?

Questão 3. Você se lembra de como o professor do ensino médio explicou esse conteúdo?

Questão 4. E aqui, na faculdade, como esse conteúdo foi explicado? Você sentiu facilidade em entender?

2ª PARTE:

QUESTÃO 1.

O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em 1 ago. 2012 (adaptado.)

Considerando-se o valor de $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades? a) $7,5 \times 10^{21}$; b) $1,5 \times 10^{22}$; c) $7,5 \times 10^{23}$; d) $1,5 \times 10^{25}$; e) $4,8 \times 10^{25}$. R.: b) $1,5 \times 10^{22}$

QUESTÃO 2.

A ingestão de vitamina C (ou ácido ascórbico; massa molar igual a 176 g/mol) é recomendada para evitar o escorbuto, além de contribuir para a saúde de dentes e gengivas e auxiliar na absorção de ferro pelo organismo. Uma das formas de ingerir ácido ascórbico é por meio dos comprimidos efervescentes, os quais contêm cerca de 0,006 mol de ácido ascórbico por comprimido. Outra possibilidade é o suco de laranja, que contêm cerca de 0,07 g de ácido ascórbico para cada 200 ml de suco.

O número de litros de suco de laranja que corresponde à quantidade de ácido ascórbico presente em um comprimido efervescente é mais próximo de: a) 0,002; b) 0,03; c) 0,3; d) 1; e) 3. R.: e) 3.

ENTREVISTA:

Pergunta 1. Como você resolveria as questões 1 e 2 do Enem?

Pergunta 2. Como você explicaria as questões 1 e 2 do Enem para o ensino médio?

Pergunta 3. Defina com suas palavras, O que é mol?

Agora, eu trago para você uma definição do livro didático. Essa definição é sobre o mol e que aparece no livro. No livro essa definição está escrita da seguinte maneira: “O mol é definido como a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas unidades elementares quantos forem os átomos contidos em 0,012 Kg ou 12 g de carbono-12”.

Pergunta 4. O que você entende por esse conceito?

Pergunta 5. Como você explicaria esse conceito aos alunos do ensino médio?

APÊNDICE 2 - Roteiro da entrevista realizada com alunos concluintes

ALUNOS CONCLUINTES (AC).

1ª PARTE:

Pergunta 1. O que você entende por mol ou quantidade de matéria?

Pergunta 2. Você se lembra de ter estudado esse conteúdo no ensino médio? Como foi? Teve facilidade para entender?

Pergunta 3. E aqui na graduação, como esse conteúdo foi explicado? O professor fez uma revisão já que é um assunto estudado no ensino médio, ou ele começou desde o início, explicando bem o conteúdo?

Pergunta 4. Em quais matérias aqui da graduação você estudou esse conceito? Em alguma delas foi mais fácil ou mais difícil de entender?

Pergunta 5. Com a graduação terminando, você se sente seguro(a) em dizer que conseguiu aprender o tema mol ou quantidade de matéria? Você teria tranquilidade para explicar esse conceito para os alunos do ensino médio?

2ª PARTE

QUESTÃO 1.

O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em 1 ago. 2012 (adaptado.)

Considerando-se o valor de $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades? a) $7,5 \times 10^{21}$; b) $1,5 \times 10^{22}$; c) $7,5 \times 10^{23}$; d) $1,5 \times 10^{25}$; e) $4,8 \times 10^{25}$. R.: b) $1,5 \times 10^{22}$

QUESTÃO 2.

A ingestão de vitamina C (ou ácido ascórbico; massa molar igual a 176 g/mol) é recomendada para evitar o escorbuto, além de contribuir para a saúde de dentes e gengivas e auxiliar na absorção de ferro pelo organismo. Uma das formas de ingerir ácido ascórbico é por meio dos comprimidos efervescentes, os quais contêm cerca de

0,006 mol de ácido ascórbico por comprimido. Outra possibilidade é o suco de laranja, que contém cerca de 0,07 g de ácido ascórbico para cada 200 ml de suco.

O número de litros de suco de laranja que corresponde à quantidade de ácido ascórbico presente em um comprimido efervescente é mais próximo de: a) 0,002; b) 0,03; c) 0,3; d) 1; e) 3. R.: e) 3.

ENTREVISTA:

Pergunta 1. Como você resolveria as questões 1 e 2 do Enem?

Pergunta 2. Como você explicaria as questões 1 e 2 do Enem para o ensino médio?

Pergunta 3. Defina com suas palavras, O que é mol?

Agora, eu trago para você uma definição do livro didático. Essa definição é sobre o mol e que aparece no livro. No livro essa definição está escrita da seguinte maneira: “O mol é definido como a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas unidades elementares quantos forem os átomos contidos em 0,012 Kg ou 12 g de carbono-12”.

Pergunta 4. O que você entende por esse conceito?

Pergunta 5. Como você explicaria esse conceito aos alunos do ensino médio?

APÊNDICE 3 - Roteiro da entrevista realizada com os professores

ENTREVISTA COM OS PROFESSORES.

Questão 1. Você percebe, nas suas aulas, que os alunos estão chegando na graduação já sabendo o que é quantidade de matéria? Eles chegam com alguma dificuldade?

Questão 2. E durante as suas aulas, quais são as dificuldades mais comuns que você percebe nos alunos em relação a esse conteúdo?

Questão 3. Você acha que os alunos da licenciatura, que irão explicar esse conceito na escola, terão tranquilidade para explicar? Qual sugestão você daria a eles, quando for pensar numa aula sobre quantidade de matéria?

APÊNDICE 4 - Termo de consentimento livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “**Análise das dificuldades conceituais de futuros professores de Química relacionadas ao conceito de quantidade de matéria**”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Rodolfo de Pontes Figueira, graduando do curso de licenciatura em Química, e Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior, docente-orientador do mesmo curso, ambos na UFU – campus Pontal.

Nesta pesquisa nós estamos buscando **identificar as dificuldades conceituais em futuros professores de Química associadas aos conceitos de mol e quantidade de matéria**.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelo pesquisador Rodolfo de Pontes Figueira, antes das entrevistas com os futuros professores de Química. É importante destacar que, os envolvidos nesta investigação têm tempo suficiente para decidir se quer participar da mesma, conforme Capítulo III da Resolução 510/2016, publicado no Diário Oficial de 24 de maio de 2016.

Na sua participação, você irá analisar questões de Química, relacionadas ao conteúdo de quantidade de matéria, retiradas de livros da educação básica, assim como participar de uma entrevista semiestruturada, que versará sobre as aprendizagens e as dificuldades relacionadas ao conteúdo em questão, tanto na educação básica, quanto no curso de graduação. As entrevistas serão gravadas em áudio e, após a transcrição para a pesquisa, todo o material será apagado.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

A participação nesta etapa da investigação não oferecerá riscos e nem benefícios aos participantes. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados da pesquisa.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com o professor José Gonçalves Teixeira Júnior, pelo telefone (34) 3271-5251 ou pelo e-mail goncalves@ufu.br.

Ituiutaba, ____ de dezembro de 2018.

Assinatura do pesquisador

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Assinatura do participante da pesquisa