

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DA UFRPE

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL - PROFQUI**

**USO DE ANEDOTAS PARA COMPREENSÃO DO
CONCEITO DE DENSIDADE**

SAULO FRANÇA OLIVEIRA

Recife

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DA UFRPE
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL - PROFQUI

USO DE ANEDOTAS PARA COMPREENSÃO DO
CONCEITO DE DENSIDADE

SAULO FRANÇA OLIVEIRA

Licenciado em Química

Recife
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O048u Oliveira, Saulo França
 Uso de anedotas para compreensão do conceito de densidade / Saulo França Oliveira. - 2020.
 103 f.
- Orientador: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.
 Inclui referências e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2020.
1. Ensino de química. 2. Anedotas. 3. Linguagem. 4. Conceito de densidade. 5. Simbolismo. I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Título

SAULO FRANÇA OLIVEIRA

USO DE ANEDOTAS PARA COMPREENSÃO DO CONCEITO DE DENSIDADE

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Química em rede nacional - PROFQUI - da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito final para obtenção do título de Mestre em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientadora: Professora Dra Edênia Maria Ribeiro do Amaral

Recife

2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SAULO FRANÇA OLIVEIRA - Nascido na cidade de Canhotinho-PE no ano de 1988. Graduado em Licenciatura em Química no ano de 2014 pela Universidade Federal de Pernambuco, *Campus Agreste*. Foi professor da Rede Sesi de educação entre 2015 e 2016. Atuou também como professor no Colégio Cardeal de Arcoverde, entre 2015 e 2017. Foi professor do Colégio Motivo entre 2017 e 2019. Atualmente é professor da rede estadual de ensino de Pernambuco e professor do colégio GGE.

Contato: saulo_ufpe@yahoo.com.br

Dedico esta obra a meu filho Artur

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Deus todo poderoso, por ter me dado a oportunidade de concluir esse tão sonhado curso.

A minha orientadora, Professora Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral. Pela paciência, ensinamentos, exemplo profissional, zelo e cuidado. Sou grato.

À coordenação do PROFQUI, em especial à Professora Dra. Maria Angela Vasconcelos de Almeida, pela garra ao conduzir esse programa. Muito obrigado.

Aos meus pais, José Paulo e Valdeci França e minha amada esposa, Patrícia Mirelle Oliveira dos Santos.

Aos meus ex-orientadores que me motivaram a seguir o caminho da ciência: professor Dr. Roberto Araújo Sá e professora Dr. Jane Maria Gonçalves Laranjeira, membros do Núcleo de Formação Docente da UFPE/CAA. Ao professor Dr. Elder Alpes de Vasconcelos, do Núcleo de Tecnologia da UFPE/CAA e ao falecido professor Dr. Eronides Felisberto da Silva Junior, do Departamento de Física da UFPE, que me fizeram enxergar além dos horizontes.

Aos meus amigos, Professor José Nunes, de Serra Talhada-PE, amigo de longa data que conheci no mundo da ciência. Ao meu fraterno amigo Dr. Fábio Gomes Ribeiro, Físico, agora na UFPB. Por nossas histórias, desventuras, fracassos e sucessos alcançados, por tudo sou grato.

Por fim, agradeço aos amigos que fiz neste curso, em especial aos professores Marco, Tiago, Rafael, Juan e Cristiano. Tiraram o peso da caminhada com suas histórias, piadas e brincadeiras. Sou grato por cada sorriso alegre que compartilhamos.

“Sempre encontro sorriso, e o meu paraíso é onde estou”

- Teatro Mágico.

RESUMO

OLIVEIRA, S. F. Uso de anedotas para compreensão do conceito de Densidade. 2020, 102p. Dissertação (mestre em Química) - Departamento de Química - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2020.

A linguagem usada em sala de aula pode ser constituir em um obstáculo ao processo de ensino. Os jargões da química presentes nas narrativas do professor podem colidir com o interesse dos estudantes pela disciplina. Nos últimos anos, entretanto, estudos tem mostrado que o uso da linguagem figurativa pode funcionar como alça durante a admissão da linguagem simbólica da Química. Neste trabalho desenvolvemos um produto didático para subsidiar os estudantes a compreender conceitos químicos e desenvolver sua linguagem química. Trata-se de uma narrativa de ficção na forma de figuras e enredo que ilustram cenas em um contexto para entender a densidade dos materiais. A narrativa foi testada com estudantes na primeira série no ensino médio de uma escola pública localizada no município de Caruaru-PE. Após aplicação do recurso os resultados coletados mostraram que os estudantes conseguiram desenvolver uma melhor compreensão do conceito estudado, além de apresentarem em suas respostas indícios que sugerem incorporação linguística de termos científicos no seu repertório, por meio do uso espontâneo de itens léxicos técnicos e expressões que remetem ao abstrato.

Palavras-chave: Ensino de Química, Anedotas, Linguagem, Conceito de Densidade, Simbolismo.

ABSTRACT

OLIVEIRA, S. F. Use of anedotas to understand the Density Concept. 2020, 102p. Dissertação (mestre em Química) - Departamento de Química - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2020.

The language used in the classroom can be a barrier to the teaching process. The jargon of chemistry in the teacher's narrative may clash with students' interest in the subject. In recent years, however, studies have shown that the use of figurative language can act as a handle during the admission of the symbolic language of chemistry. In this paper we developed a didactic product to help students understand chemical concepts and develop their chemical language. It is an science fiction narrative in the form of figures that illustrate scenes in a context to understand the density of materials. The science fiction narrative was tested with first graders in high school at a public school located in the municipality of Caruaru, located in the state of Pernambuco, Brazil. After applying the resource, the collected results showed that students were able to develop a better understanding of the studied concept, in addition to presenting in their answers indications that suggest linguistic incorporation of scientific terms in their repertoire through the spontaneous use of technical lexical items and expressions that refer to the abstract.

Keywords: Chemistry Teaching, anedotas, Language, Density concept, symbolism in the teaching of chemistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1. Facetas do conceito de densidade.....	26
Figura 2. Estrutura básica das cenas da narrativa de ficção.....	29
Quadro 1. Etimológica do item léxico Densidade.....	33
Quadro 2. Encolhimento até a escala atômica.....	34
Quadro 3. Percepção visual de corpos de diferentes densidades.....	36
Quadro 4. Percepção em escala atômica da estrutura da matéria.....	38

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Título das cenas da Aneclota.....	28
Tabela 2. Questionário usado durante a aplicação da Aneclota.....	30
Tabela 3. Expectativa de competências e proficiências.....	31

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivo específico.....	3
CAPÍTULO 2.....	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1 LINGUAGEM E DISCURSO CIENTÍFICO.....	6
2.2 OBSTÁCULOS LINGÜÍSTICOS NO ENSINO.....	12
2.3 LINGUAGEM SIMBÓLICA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	13
2.4 LINGUAGEM FIGURATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	17
2.5 O CONCEITO DE DENSIDADE.....	22
CAPÍTULO 3.....	27
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 CONTEXTO E SUJEITO DA PESQUISA.....	27
3.2 DESENVOLVIMENTO DA ANEDOTA.....	27
3.3 APLICAÇÃO DO RECURSO.....	28
3.4 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	29
CAPÍTULO 4.....	32
4 RESULTADOS.....	32
4.1 DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS DE AULA.....	32
4.2 ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DA ANEDOTA.....	32
4.3 TRANSCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS E DISCUSSÃO....	40
4.4 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO.....	55
CAPÍTULO 5.....	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
6 REFERÊNCIAS	63
PRODUTO GERADO EM ANEXO.....	69

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Explicar a ciência não é trivial. A ciência apresenta uma linguagem rebuscada. A linguagem literal usada para explicar a ciência tem seu status associado à filosofia racionalista. O discurso é balizado por frases nominais complexas com muitos modificadores, vocabulário técnico especializado e o uso da forma passiva e nominalizações que removem o agente e, doravante, a necessidade de usar pronomes pessoais. A linguagem da ciência possui estigma de ser objetiva, abstrata e orientada somente para a informação. Em 2005, David Branks da *Université de Bretagne* descobriu que de maneira consensual os cientistas consideram os textos rebuscados como parte integrante da ciência. É um desafio para um estudante iniciante, no entanto, entender textos e o discurso científico. A linguagem usada não contribui para o melhor aprendizado. Imagina explicar textos esmerados, expressões enigmáticas e parágrafos de conteúdo obscuro para adolescente de 12 e 13 anos, acostumados com telas coloridas e textos descolados? Isso justifica os resultados dos relatórios que apontam para o baixo interesse dos jovens para com as ciências exatas nos últimos anos.

Com efeito, a linguagem especializada atrelada a ciência se justifica devido a abordagem sistemática da qual faz uso. Entretanto, generalizar jargões sem distinguir contextos pode fazer com que ocorra uma colisão entre as doutrinas da ciência e o discurso compreensível que consolida o processo de comunicação humana. Se você pretende discutir resultados científicos com o público o idioma técnico constitui um obstáculo. De fato, nossa intenção aqui não será a de defender a vulgarização da ciência. Existe uma zona acinzentada que é compreensível e que quando modelada pode se constituir em alça cognitiva para aquisição de um saber mais elaborado. O domínio do discurso científico enquanto segundo idioma requer maturidade conceitual. Em uma palestra TED, o professor Tyler Dewitt (2013) chama a atenção para o afeto que muitos professores possuem para com termos técnicos e estruturas textuais próprias de sua área. Essa sobrevalorização é denominada “Tiranía da Precisão”. Nessa conjuntura, acredita-se que aquilo que não é rebuscado não é considerado científico. A ciência carece de uma linguagem figurativa. Os textos científicos e as narrativas devem ser modificados para que apoiem os alunos principalmente nos seus primeiros anos escolares.

O ensinar ciências exige posturas distintas daquelas solicitadas durante a escrita de textos científicos. Para ensinar ciências, por exemplo, o conceito de verdade deve ser

reformulado. O discurso não precisa ser literal. Detalhes devem ser deixados de lado para que outros se sobressaíam. As narrativas emocionalmente empobrecidas devem ser trocadas por histórias onde os sujeitos se sintam inseridos e provocados a devaneios típicos de profundos estados mentais. Guardando as devidas proporções, bactérias podem ter características humanas, como afinidades por certos tipos de células; os glóbulos brancos podem ser transvestidos como soldados de defesa e átomos podem ter certas preferências comportamentais. Personificar entidades abstratas contribui para que o estudante possa estabelecer relações concretas entre o que acredita e o novo. Patricia Alexandrer (2016), da *Maryland University*, publicou um relatório recentemente, na *revista Nature*, no qual constata que a aprendizagem surge da capacidade inata dos humanos em estabelecer e relacionar padrões. Segundo a pesquisadora, analogias, metáforas e antinonímias são recursos que podem ser explorados quando se deseja que algo novo venha a ser compreendido.

Na literatura, são raros os estudos que mapeiem e tipifiquem o papel da linguagem simbólica no ensino de Química (BRADLEY, 2006; TABER, 2009), as variantes do seu uso ou que tenham estudado a associação entre linguagem figurativa, aprendizagem relacional e formação de conceitos. Nossa pretensão neste trabalho é estudar as relações existentes entre esses domínios que envolvem a aprendizagem de conceitos químicos.

Nossa hipótese é de que o uso de figuras de linguagem configuradas na forma de anedotas de cunho científico pode assessorar os estudantes iniciantes a terem uma melhor compreensão da ciência, auxiliando-os, principalmente, durante a formação dos primeiros conceitos e desenvolvimento do discurso científico. A linguagem figurativa é vista aqui como uma alça em que o aluno irá apoiar posteriormente conceitos complexos, além de concretizar derivações abstratas típicas da área. Neste trabalho, nossas hipóteses serão testadas durante o estudo do conceito de densidade, tópico introduzido nos anos iniciais de introdução a química. Neste trabalho definimos narrativa de ficção como um recurso linguístico cujo objetivo é apresentar uma aventura. Em nosso contexto o enredo na aventura é um contexto científico. Antes de expor os métodos irei apresentar um recorte de nossa questão de pesquisa, descrever em pormenores os objetivos específicos e fazer um breve esboço dos fundamentos teóricos que norteiam esse trabalho.

1. 1 QUESTÃO DE PESQUISA

Como superar dificuldades de comunicação do discurso científico no início no ensino médio, considerando o simbolismo típico da área e a estrutura funcional dos textos e do discurso?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar como a proposta de uma narrativa de ficção contribui para superação de dificuldades de estudantes na aprendizagem do conceito de densidade

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver roteiro e cenários para a construção de uma narrativa de ficção a ser aplicada em aulas de química sobre densidade, considerando concepções prévias dos estudantes.
- Analisar de aspectos teóricos e imagens usadas na construção da narrativa de ficção e suas potencialidades para o ensino do conceito de densidade
- Analisar possíveis avanços no uso da linguagem e na compreensão do conceito de densidade pelos estudantes a partir de suas falas.

Este trabalho está organizado em 5 capítulos. No capítulo 1, é apresentado um breve esboço do enredo deste trabalho. O uso excessivo da linguagem técnica e rebuscada é apresentado como argumento de entrave para o entendimento da Química. É apresentada a questão de pesquisa que norteia este trabalho e são expostos os objetivos que deverão ser atendidos para responder a questão levantada. Buscamos, neste trabalho, formas de superar as dificuldades impostas pelo discurso científico por meio da construção e aplicação de uma narrativa de ficção em sala de aula. O capítulo 2 traz o levantamento teórico que realizamos para sustentar nossas hipóteses. A teoria apresentada se baseia em autores que investigam o papel da linguagem no ensino, e o uso de recursos figurativos como instrumentos facilitadores. A teoria da linguagem funcional de Halliday (1993) é apresentada com a intenção de entender a estrutura da linguagem simbólica da química e seu processo de aquisição. No final da fundamentação teórica, apresentamos uma revisão de literatura sobre as dificuldades encontradas para compreender o conceito de densidade. A metodologia está escrita no capítulo 3. Lá consta as estratégias adotadas para atender aos objetivos propostos e responder à questão de pesquisa apresentada no capítulo 1. Foi desenvolvida uma anedota na forma de

narrativa de ficção e aplicada numa sala de aula de química. Os instrumentos de coleta de dados e a forma com que os dados foram tratados também estão neste capítulo. No capítulo 4, os resultados do trabalho são apresentados. As cenas da anedota são discutidas como forma de entender seus objetivos pontuais de aprendizagem. As respostas dos alunos coletadas após a intervenção em sala de aula são transcritas de modo literal. No capítulo 5, os dados coletados são discutidos e dialogados extensamente com a literatura como forma de justificar ou confrontar os achados e são apontadas as implicações para o ensino. Finalmente, são apresentadas as referências da literatura que foram usadas para sustentar o trabalho.

CAPÍTULO 2

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir será apresentada uma revisão de literatura realizada a partir de artigos que discutem a temática abordada neste trabalho. Este capítulo foi dividido em 5 seções: 2.1) Linguagem, formação de conceitos e discurso científico; 2.2) Obstáculos linguísticos no ensino; 2.3) Linguagem simbólica no ensino de Química; 2.4) Linguagem figurativa em narrativas no ensino de Ciências; 2.5) O conceito de densidade.

Em 2.1, é apresentada uma extensa revisão de literatura para defender a tese de que o domínio conceitual da ciência está associado ao domínio de sua linguagem. Nessa seção, é apresentada a teoria da linguagem funcional da Halliday. Discutimos os processos de assimilação linguística, a necessidade de descompartimentização do discurso científico e a aprendizagem. Em 2.2, um breve recorte sobre as ferramentas de comunicação usadas no ensino é apresentado. Alguns estudos que mostram a relação entre o ensino da ciência, a complexidade da linguagem e a necessidade de se fazer uso de subterfúgios para atender as necessidades e estilos de aprendizagem dos estudantes são discutidos. Na seção 2.3 discutimos a estrutura da linguagem química e seu processo de construção semântica. Nessa seção, o liame entre linguagem química e as dificuldades de aquisição são discutidos na perspectiva de respaldar a dificuldade de aprendizado verificado e por consequência o interesse pela disciplina. Uma extensa revisão sobre os diversos usos da linguagem figurativa no ensino é discutida no tópico 2.4. Metáforas e analogias são citadas como ferramentas usadas preferencialmente no ensino de Química. Além desses, diversos instrumentos figurativos são citados e ênfase foi dada ao uso de narrativas na forma de anedotas no ensino. Nessa seção, buscamos defender a tese de que a linguagem simbólica e típica da química pode ser acessada por meio do uso da linguagem figurativa demarcada sob situações animistas, adaptadas aos perfis de aprendizagem dos estudantes. Acreditamos que a familiarização do aluno com termos conceituais deslocados para situação informais pode auxiliá-lo durante o processo de construção e desenvolvimento do seu discurso científico.

Por fim, na seção 2.5 é apresentado e discutido o conceito de densidade. São debatidas as dificuldades associadas à assimilação do conceito e às diferentes facetas de abordagem que devem ser contempladas pelos professores. O conceito de densidade foi escolhido como plano de fundo deste trabalho pois se trata de um tópico sensível, abordado geralmente no primeiro ano de contato do aluno com a química, sendo, portanto, pertinente durante o processo de construção conceitual e desenvolvimento do discurso.

2.1 LINGUAGEM E DISCURSO CIENTÍFICO

O domínio conceitual da ciência está relacionado com o domínio de sua linguagem (WELLINGTON; OSBONE, 1992; OSBONE, 2002). Lemke (1990) afirma que aprender ciências é aprender a falar sobre ciências, é adquirir o domínio no uso da linguagem científica. O que torna distinta a linguagem da ciência é sua exclusividade semântica. A linguagem na ciência apresenta aspectos gramaticais próprios, especialmente na escrita e nos tons do discurso formal. Por exemplo, há o estabelecimento de relações específicas e o uso de termos que são semanticamente válidos apenas em contextos científicos. Em seu livro, *Talking Science*, Lemke (1990) notifica que há muitos termos científicos nas conversas de sala de aula que não são familiares aos alunos. O autor argumenta que o estudante precisa construir significados sobre itens temáticos para alcançar alguma compreensão. Antes de dominar esses itens temáticos muito do que é dito faz pouco sentido para o aluno. Esses padrões temáticos raramente são explicados aos estudantes. O aluno não é ensinado a falar sobre ciência, a desenvolver quaisquer estruturas argumentativas típicas da área, como combinar termos, significados e assim criar uma rede de relacionamentos entre significados dos termos-chave presentes na linguagem.

A literatura tem mostrado que os estímulos dados pelos professores aos alunos para que possam dominar padrões temáticos e assim perceber significados emergentes de relacionamentos semânticos têm contribuído para a acomodação de um novo tipo de discurso: o científico. Recentemente, Yeneayhu (2016) investigou de que maneira os estudantes de baixa renda de New York, USA, desenvolvem em seus discursos redes de relações semânticas entre ideias e conceitos da ciência. O estudo envolveu a observação de lições de 3 professores. O autor expõe dados que sinalizam para a necessidade de os professores ajudarem os estudantes a participarem nas discussões em sala de aula. Caso isso aconteça, irão aperfeiçoar sua capacidade de conectar conceitos científicos e ideias diversas. Essa materialização textual dos padrões temáticos e que incorpora sentido ao discurso científico pode ser afetada por variáveis como morfologia das palavras, campo semântico e léxico de aplicação, povoamento de itens textuais no discurso e até por sua complexidade fonética (ver, por exemplo: MARSHALL et. al., 1991; DUTTA, 2017; STELLA, 2018; RESS, 2016).

No ensino de ciências, tem se discutido os papéis que a linguagem científica pode assumir como mediadora de aprendizagem. O professor Vaughan Prain (2004), da *Deakin University*, por exemplo, acredita que o idioma pode ser entendido como um recurso para compreender novos conteúdos, no qual o uso de palavras e conceitos comuns permite aos alunos explorar e esclarecer o significado de termos técnicos ou novos conceitos. Nesse

sentido, as competências linguísticas atuais do aluno fornecem um meio para desenvolver novos entendimentos, novo vocabulário e novo idioma prático. De fato, a ciência apresenta uma linguagem própria, com status de idioma. São termos específicos e construções sintáticas características. Vale frisar que entender sobre um idioma não se limita a compreender o significado denotativo de palavras enquanto itens isolados. É necessário compreender sua lógica, seus componentes, sua estrutura gramatical, suas nuances léxico-semânticas e os valores que se desenvolvem ou estão implicados no seu uso. Assim, o aprendizado da ciência também inclui a compreensão de possíveis limitações e variações reconhecíveis dentro de contextos, propósitos e normas de uso. É necessário aprender a falar, ler, escrever e visualizar a linguagem científica como competência em contextos variados e diferentes fins.

Diferente da visão de Prain (2004), em 1993, o professor Mak Halliday, da *University of Sydney*, publicou documento seminal para tratar sobre o processo de desenvolvimento linguístico. Sua teoria é conhecida como linguagem funcional (HALLIDAY, 2004). Ele destaca que aprender ciência significa assumir sua linguagem, pois é por meio da linguagem na forma de idioma que a experiência se torna realidade. Nesta perspectiva a linguagem não constitui um recurso de aprendizagem, o seu desenvolvimento representa a aprendizagem propriamente dita. O significado extraído a partir dos termos e de suas relações se refere ao aspecto da experiência que se representa.

Segundo a teoria da linguagem funcional (ver, por exemplo: HALLIDAY, 1993; HALLIDAY, 2004), a aprendizagem envolve criar sinais comunicativos para representar a interpretação da experiência. O estágio inicial de desenvolvimento da linguagem envolve a percepção aleatória de símbolos. Com a mediação, esses sinais isolados podem interagir com outros, podendo ocorrer evolução de sinais. No estágio da percepção de símbolos regulares o aprendiz já é capaz de desenvolver uma variação de seu repertório de sinais, que fluem em significado e expressão. Desenvolvido em sistemas, os sinais podem representar um significado. Quando o sujeito começa a construir seus sinais em sistemas de sinais temos o que o autor chama de protolinguagem. A protolinguagem não é suficiente para criar informação ou construir discurso.

Os sistemas se desenvolvem em torno de certas funções reconhecíveis ou microfunções que evoluem em complexidade abstrativas. Na base da formação desses sistemas, observa-se a microfunção de regulação e instrumental. Nessa fase, o sujeito se envolve em ações não simbólicas e processos de relações texto-semânticas primitivos. Após esta fase ele é capaz de usar sinais para manter essas relações e começa a usar a linguagem com objetivo interacional. Em estágios de maior abstração, passa a usar sinais para expressar

estados cognitivos não concretos e o sistema alça outra microfunção, a pessoal. Ao ser capaz de criar modelos, metáforas e representar devaneios mentais o sujeito alcança a microfunção imaginativa. Esses sistemas de sinais constituem um conjunto de paradigmas semóticos do qual a linguagem faz parte (HALLIDAY, 1993).

Durante a aprendizagem, os sistemas de sinais são construídos, desconstruídos e reconstruídos como uma estratificação semiótica. Desse processo emerge a criação de vocábulos e estruturas lexicais. A linguagem na forma de gramática, com suas variantes semânticas e fonéticas, funciona como uma promulgação das relações humanas durante o desenvolvimento cognitivo. Halliday (1993; 2004) traz a tese de que, com o uso, os símbolos se tornam arbitrários e chama isso de princípio da convencionalidade. A gramática concretiza a codificação puramente abstrata dos atos de significado estabelecidos. A estrutura linguística gramatical configura um modelo consensual. A elasticidade de um repertório linguístico envolve uma transição entre termos cunhados em nomes próprios e salientes e depois generalização em nomes comuns. Para o autor, a aprendizagem é ao mesmo tempo ação e reflexão. A combinação de experiências e intersubjetividade constitui um ato de significado copilado pela língua.

Halliday coloca que uma das estratégias para aprender uma nova linguagem envolve fazer previsões de situações futuras. Ainda na fase inicial de desenvolvimento, os estudantes se sentem capazes de atender uma demanda semiótica mesmo havendo lacunas entre os primeiros atos de significado. Em um período protolinguístico usará a expressão em um contexto puramente referencial. Expostas a diferentes cenários começam a construir um sistema baseado em referências de significado. As palavras emergem como interseção de recursos de diferentes sistemas como códigos de anotação de experiência. São substantivos, adjetivos, verbos, termos de nomeação, classificação e decodificação de processos que emergem para representar ações ou transmitir significados ainda não compartilhados com o destinatário.

Fazer e entender envolve ação e reflexão. Halliday (1993; 1994) sublinha que a combinação da experiência com a intersubjetividade constitui um ato de significado. Não se pode dissociar a aprendizagem do processo de desenvolvimento linguístico. A linguagem não é um recurso e sim o processo em si. O aprendizado envolve ter consciência dos atos, ser capaz de representá-lo e isso constitui o princípio metafuncional. A evolução desse sistema semiótico constitui a expansão dos significados. Isso está atrelado à evolução semântica multidimensional, que pode ser expandida verticalmente, horizontalmente ou pela combinação dos dois. Ao interpretar um sistema desse tipo, o aprendiz pode refinar ainda

mais a significação que já construiu, introduzindo distinções mais delicadas dentro da mesma região topológica. Por exemplo, podem interpor itens como "pode ser" entre "é" e "não é"; ou elaborar um 'ir' para representar o 'caminhar, pular, correr, escalar'. Eles podem ainda ampliar seu potencial de significado em novos domínios semânticos, áreas de experiência ou formas de relacionamento interpessoal que não eram anteriormente acessíveis. Para expandir esse sistema semiótico basta ser capaz de dissociar variáveis associadas. Por exemplo: entre café preto e chá açucarado pode surgir um café açucarado. A aprendizagem significa expandir o significado potencial de um termo.

O espaço semântico para criação de significados envolve um componente interpessoal, experiencial e textual. Isso significa que a linguagem tem uma função social e instrumental, isso quando o idioma é usado para interpretar o mundo exterior, além de uma função discursiva, que é o texto aberto e funcional em algum contexto, estruturado como clausuras em uma peça de informação. Além disso, é possível que sejam construídos novos relacionamentos semânticos acima e além daquelas interpretadas pela estrutura gramatical, mas ainda assim usando recursos léxico-gramáticos como padrões de conjunção, elipses, co-referência e similaridades.

Passar da gramática para a conceituação talvez seja o passo mais crítico em toda a experiência de aquisição linguística. Halliday (1993) destaca que para isso ocorrer é necessário que o sujeito salte por muitas gerações de evolução semiótica. Os novos significados são primeiro interpretados em contextos interpessoais e apenas mais tarde são transferidos para ideias, experiências e lógica. A linguagem constitui uma teoria da experiência humana. Vale frisar que a linguagem natural não apresenta experiências em sistemas rígidos ou monossintéticos. As gramáticas de linguagem são espaços elásticos dentro dos quais fenômenos podem ser interpretados por diferentes ângulos. A transição da protolinguagem para língua propriamente dita envolve processos de percepção, experiência, reflexão e isso não é apenas relacionado a entidades concretas. Às vezes é necessário criar símbolos ou modelos para representar outros símbolos ou conjuntos de evidências. Esse processo de abstração é a chave para iniciar uma alfabetização. A metáfora que surge de devaneios reflexivos é a chave para entrar no conhecimento interdisciplinar e técnico. A metáfora traz um reconstruto de que a realidade consiste de coisas, e não necessariamente de processos. Todo aprendizado envolve aprender a entender as coisas em mais do que uma mão única.

O processo de desenvolvimento linguístico é complexo. O idioma natural emerge de processos intuitivos e espontâneos extraídos da experiência cotidiana. O desenvolvimento da

linguagem científica na forma de idioma também exige percepção, reflexão e criação de sinais comunicativos. No entanto, na escola, esse desenvolvimento ocorre a partir da exposição do estudante a diferentes cenários de aprendizagem de maneira controlada. Alguns relatórios mostram que os estudantes apresentam certa fixação em termos do cotidiano. Assim, muitas vezes, não reconhecem as possibilidades semânticas que os termos científicos apresentam ou usam uma linguagem coloquial quando o formalismo científico é exigido.

Lan (2013), da *Purdue University*, há alguns anos trabalhou com estudantes do ensino fundamental e, em sua pesquisa e tentou observar interações discursivas e construções textuais numa sala de aula dos Estados Unidos. Os resultados foram preocupantes quando concluiu que os estudantes precisam de apoio instrucional para diferenciar o discurso científico e o discurso cotidiano.

Às vezes o desenvolvimento da linguagem científica é ameaçado pelo discurso do próprio professor, que desconhece as exigências linguísticas da área. Neste sentido, um discurso mal estruturado e pouco articulado a aspectos da experiência e intersubjetividade (HALLIDAY, 1993) ameaça o ensino quando a ciência parece ser traduzida por meio do uso arbitrário de parágrafos ou narrativas de cunho coloquial. Vale frisar que o problema não se limita necessariamente ao uso de recursos de tradução, mas em fixar-se em níveis textuais que não atendem às exigências léxico-sintáticas (GYLLENPALM; WICKMAN; HOLMGREN, 2009). Por outro lado, alguns estudos defendem, com cautela, que é necessário descompartmentalizar os textos científicos para que a sua compreensão seja viabilizada. Por exemplo, Jones e Crow (2017) mostraram que um modelo de comunicação muito usado para ensinar ciências, que enfatiza a repetição de informações estéreis e sem emoção, pode estar desestimulando o aprendizado e promovendo um desenvolvimento linguístico modesto e sem sustentação. Os pesquisadores defendem que uma compreensão mais profunda do assunto pode ocorrer se os comunicadores da ciência atuarem como contadores de histórias, com narrativas ricas emocionalmente, claro - não para distorcer a verdade, ou vulgarizar a ciência - mas para ajudar as pessoas a se conectarem a problemas e questões em um nível mais humano em termos do que lhes interessa. Após essa conexão e entendimento razoável, aos poucos, a linguagem científica pode encontrar terreno fértil para ser desenvolvida.

Com essa abordagem, os significados generalizados, abstratos e altamente condensados, muitas vezes em linguagem técnica, são deslocados para uma seara na qual os significados são mais dependentes do contexto e mais simples, muitas vezes no idioma cotidiano. Esse movimento descendente, para níveis de baixa gravidade, após captação de significados estruturais pode aos poucos ser substituído por uma densidade semântica mais

forte, por meio de processos de reconexão. Esse processo de construção, desconstrução e reconstrução é fundamental para o desenvolvimento da linguagem. Halliday (1993) pontua que esse movimento favorece a construção de relações semânticas, além daqueles interpretados pela estrutura gramatical. Macnaught (2013) e colaboradores afirmam que as deslocamentos para baixo e para cima permitem a recontextualização do conhecimento através do tempo, uma condição crucial para a acumulação de conhecimento.

A linguística funcional sistêmica reconceitualiza a linguagem como uma ferramenta semiótica intimamente envolvida na negociação, construção, organização e reconstrução de experiências humanas (FRANG, 2004). O idioma permite que seus usuários assegurem certas escolhas léxico-gramaticais que se adequam às necessidades pessoais e são apropriadas para contextos. Aprender ciência significa aprender a controlar as formas e estruturas linguísticas únicas que constroem e comunicam princípios científicos, conhecimentos e crenças (LEMKE, 1990). Essa gramática, habitada por discursos formais, usos de uma voz passiva e nomes abstratos no lugar de verbos, facilita a apresentação efetiva de informações e o desenvolvimento do argumento na ciência. Ao mesmo tempo, no entanto, também torna a escrita científica particularmente densa, técnica e abstrata.

No âmbito do ensino de química, o problema da linguagem é uma temática sensível. Na Croácia, em 2016, Vladusic investigou a compreensão dos alunos sobre palavras científicas e representações, bem como palavras cotidianas utilizadas no ensino da química. O estudo envolveu um total de 82 estudantes de graduação em química e 36 professores de química. O pesquisador fez uso de instrumento de diagnóstico com vários tipos de tarefas: criação de uma sentença cientificamente sensível usando as palavras-chave fornecidas sem contexto; explicação do significado de uma palavra fornecida em uma sentença contextual e explicação do significado de uma palavra fornecida sem contexto. O autor descobriu evidências de compreensão inadequada de muitos termos e símbolos. Com efeito, a química envolve diferentes níveis de representação, que são traduzidos por parágrafos de alta densidade fonética e gráfica, palavras que constituem neologismos para os estudantes, equações que representam processos e símbolos icônicos relacionados a características de ambientes reacionais – caracteres subscritos, expoentes, parênteses, colchetes, setas e sinais têm significado efêmero e dependente do contexto (SHIRHAN, 2008; TALANQUER, 2010).

2.2 OBSTÁCULOS LINGÜÍSTICOS NO ENSINO

Para introduzir um novo conceito os professores utilizam diferentes recursos semióticos (DANIELSSON, 2016). Linguagem oral ou escrita, figuras, diagramas, layouts, planos cartesianos e equações podem fazer parte do elenco de recursos auxiliares. A escolha do melhor repertório depende do que se deseja ensinar, de características particulares do educador e perfis de aprendizagem dos estudantes. O professor Kristian H. Nielsen (2012), da *Aarhus University*, destaca que a comunicação adequada pode suscitar processos reflexivos. Ela não pode ser encarada apenas como mera ferramenta de ensino, mas como objetivo de aprendizagem. O autor sinaliza que a complexidade das narrativas científicas deve respeitar o grau de flexibilidade que os estudantes apresentam. Na prática, muitos professores insistem em reproduzir narrativas complexas, o que tem repellido os estudantes.

Há estudos que sugerem que os cientistas devem se empenhar em construir uma comunicação que seja clara e objetiva (GOSTOMSKI, et al. 2011; FISCHHOFF, 2012). Esse melhor gerenciamento contribui para que a população apoie as investidas dos cientistas, o que pode significar mais investimento de recursos. A comunicação direcionada para públicos amplos deve ser crivada em diferentes formatos, tanto no que diz respeito a sua estruturação quanto ao apelo ao vocábulo personificado em termos restritos de uma área particular de conhecimento. Abordada dessa maneira a linguagem não exerce a função de criar e levar significado (PERSON, et. al., 2016). O papel do professor de ciências é o de traduzir os documentos técnicos, lapidar e transmitir a informação sob um estado compreensível.

O primeiro contato que os jovens têm com a ciência é por meio de livros texto. O discurso do livro é acadêmico. A leitura desaponta. A rica descrição, frases empilhadas de substantivos, adjetivos, foco no processo e impessoalidade tornam as leituras monótonas. Os termos técnicos que se fazem uso vão de encontro a fluidez. O aluno é obrigado a construir glossários e recorrer a técnicas de memorização. Diante desse cenário a linguagem figurativa aparece como alternativa. Situações não literais onde o estudante possa estabelecer correlação entre o conceito abstrato e o imaginário podem ser cruciais para formação de conceitos. Esse processo de correlação foi chamado por Gentner e Markman em 1997 de alinhamento estrutural. O processo envolve a comparação entre estruturas textuais ou figurativas. Assim, se observa a conectividade e correspondência, além de pontos de assimetria (Veja por exemplo: GENTNER, MARKAM, 1997; GATNER, BOWDLE, 2001).

Analogias, metáforas, aliterações e parábolas constituem ferramentas relevantes nesta perspectiva. Noutro estudo publicado em 2001 em parceria com Browdle, da *Indiana University*, Gantner descobre que a representação baseada na linguagem figurativa convida o

estudante a procurar uma base ordenada ao estabelecer conexão com o conceito novo (GATNER, BOWDLE, 2001). Doravante, o uso da linguagem figurativa deve ser feito com cautela. Paralelo aos trabalhos de Gentner, em 1997 a professora Raquel Giora publicou um artigo de revisão no *Journal Cognitive Linguistics* em que apresenta uma hipótese chamada de “Saliência Graduada” segundo o qual os significados mais familiares aos estudantes são processados primeiro. Esse processamento pode ser metafórico ou literal (GIORA, 1997). Com efeito, abordagens arbitrárias são capazes de dissimular a percepção dos estudantes para pontos não relevantes, além de poderem estimular uma interpretação literal de metáforas que comprometem o processo de aprendizagem.

2.3 LINGUAGEM SIMBÓLICA NO ENSINO DE QUÍMICA

O uso de uma linguagem figurativa e narrativas pode ser estratégico no ensino de química. Química, símbolos e jargões guardam uma relação Inextricável. Se a linguagem constitui um obstáculo epistemológico, no horizonte da Química isso se acentua (BRADLEY, STEENBERG, 2006; SIRHAN, 2008; BRONAM, 2011). A linguagem química inclui vocabulário desconhecido ou enganador e vocabulário familiar que altera o seu significado à medida que se move para química. A densidade das narrativas nas aulas de química tem sido consideradas um fator desmotivante, principalmente no início do ensino médio. Os professores não estão completamente equivocados quando imaginam que o domínio da química está associado ao domínio dos termos da área. O fato é que para internalizar certos conceitos e teorias abstratas o aluno deve primeiro ser iniciado nesta disciplina através de uma linguagem que avance em complexidade gradualmente. No início do ensino médio o estudante pode ter contato com a disciplina por meio da linguagem figurativa. Analogias e anedotas na forma de narrativas de ficção, por exemplo, podem ser usadas com sucesso para estimular pensamentos mais profundos. O estudante iniciante precisa de referências, algo concreto que dê suporte as exigidas abstrações típicas da área. O professor Tyller Dewitt (2013) é feliz quando afirma que as vezes para contar a verdade é necessário primeiro mentir. Claro, não no sentido de tergiversar, mas com a pretensão de construir alças cognitivas fictícias que atuem como substrato para formação de novos conceitos através de um processo relacional.

Resultados de pesquisas recentes tem comprovado o papel da capacidade de perceber padrões como centro cognitivo da aprendizagem (ALEXANDER, 2016; JABLANSKY, et. al., 2015). Em pesquisa realizada na *University of Maryland*, a professora Alexander (2016) indica que a capacidade de perceber padrões é uma característica inata dos seres humanos.

Essa percepção pode ser ou não intencional. O processamento relacional se baseia na análise de similaridades entre entidades, diferenças, realce de pontos relevantes, e exclusão de pontos que são irrelevantes. No ensino de química o uso de analogias, por exemplo, é bem fundamentado. A analogia é um tipo de artefato relacional.

Raviolo e Garritz (2008) apresentaram, na *Química Nova na Escola*, um artigo que traz uma revisão das analogias que podem ser usadas no ensino do tema Equilíbrio Químico. Os autores destacam suas limitações e estratégias de ensino que podem ser usadas por parte dos professores. Araújo e colaboradores (2015) fizeram uso modelos de bolas e figuras de linguagem com professores do Pará. Identificaram que esses recursos facilitam o diálogo conceitual. Em 2010, Gilbert apresentou a comunidade um manuscrito em que enfatiza a importância das representações no ensino de Química.

Com efeito, é unanimidade que explicações baseadas em evidências de fenômenos consolidam a percepção e aprendizagem (PYBUM et.al., 2013; LASZLO, 2013) . Em investigação realizada em 2013, Pyburn et al. demonstraram que existe uma correlação entre a linguagem e a capacidade de compreensão e desempenho em química geral, e recomendou que a instrução em química deveria incluir o desenvolvimento de habilidades de compreensão de linguagem. Os autores concluem que a familiarização com a linguagem da ciência ocorre mais ou menos simultaneamente com a aprendizagem do conteúdo da ciência. Contemporâneo ao estudo anterior, Laszlo (2013) sugere que os professores devem ensinar a química como uma linguagem em si mesma. Os autores defendem que os professores de química são guias linguísticos, intérpretes. Trata-se de um artigo de revisão, no qual o pesquisador apresenta estudos de pontos de vista sobre o ensino de química e sinalizam direções para seu desenvolvimento. Conclui afirmando que a química deve ser ensinada de maneira semelhante ao ensino de uma linguagem.

A estrutura linguística nos textos e narrativas da química é complexa. Símbolos indicam elementos químicos, equações químicas são expressões cuja sintaxe representam fórmulas, estados e processos. Para Markic & Clilds (2016) a literatura científica está escrita de maneira diferente dos textos de jornal, novelas ou crônicas. São frases curtas e cheias de informação, que incluem muitas vezes conectivos lógicos. A química apresenta um fardo adicional de uma linguagem simbólica universal, que independe de idioma nacional, semelhante a linguagem matemática. É uma estrutura não habitual que representa um novo idioma cuja compreensão requer um papel ativo por parte do estudante e cautela do professor durante sua abordagem.

Driver et al., (1994) sinalizam que o conhecimento químico é simbólico por natureza e socialmente negociado. O objetivo da ciência não se limita aos fenômenos da natureza, mas também às construções desenvolvidas para interpretá-los. Desenvolver modelos e fazer aproximações para interpretar resultados faz parte do trabalho do cientista. O professor se equivoca quando imagina que é necessário forçar seus alunos a incorporar o rigor e suas diretrizes linguísticas. Um estudante de 8º ano entra em conflito com a disciplina no primeiro contato porque a cogita como incompreensível. A negociação de significados não pode se restringir a troca de conceitos e expansão de vocabulário. Ir além significa levar em conta o nível de maturidade do aluno, as fantasias e personagens que acredita dentro de sua dimensão cultural. Segundo Dunlosky et al. (2013), isso pode cooperar para melhorar a organização mental por meio da integração de informações anexadas a imagens que traduzem processos teóricos.

Na química, existe um extenso conjunto de termos e símbolos que são próprios de uma linguagem distinta. Formas geométricas e distribuição espacial de átomos, por exemplo, podem comunicar propriedades físicas, como solubilidade e ponto de ebulição; layouts de orbitais podem revelar dados matemáticos de probabilidade. É consenso na comunidade que existe uma natural resistência enfrentada por muitos estudantes para entender a linguagem química devido as múltiplas facetas de sua manifestação (TABER, 2009; 2015; KAMBOURI, PAMPOULOU, PEIRIDOU & ALLEN, 2015; LIU & TABER, 2016). Um estudante que inicia na química não entende a representação convencional do simbolismo.

Brooks e Etkina (2007) sugerem que a aprendizagem só vai ocorrer se o professor ajudar seus alunos a construir significados, principalmente no início do ensino médio, ajudando-o a elaborar e interpretar a complexidade da codificação química e sua estrutura lexical. Os estudantes têm que ser treinados para distinguir palavras homônimas cujo significado mudar ao se mover do cotidiano para o horizonte da química, ou interpretar ícones que dentro da própria química podem sugerir processos diferentes dependendo do contexto. Setas, por exemplos, podem sugerir transformação de certos reagentes em produtos, ou em um cenário de mecanismo de reação indicar a movimentação de elétrons. A palavra estado, por outro lado, pode sugerir estado físico de agregação da matéria ou indicar estabilidade energética. Não é fácil perceber essas tonalidades de significado, e isso justifica o fato de muitos estudantes considerem a química uma ciência confusa no início do ensino médio.

A interpretação da linguagem química às vezes exige percepções indiretas, que não podem ser deduzidas por mera codificação de fórmulas ou interpretação literal de termos. Fórmulas são representações lexicais e visuais com objetivo classificatório e de previsão da

reatividade. Todavia, esses sistemas classificatórios devem ser peculiares em recursividade, visto que a identidade de uma substância é determinada pelas suas relações com outras substâncias. Do ponto de vista da nomenclatura, palavras como Oxigênio e Nitrogênio tem sua construção baseada em parâmetros distintos. Prever seus significados a partir de sua morfologia, deduzindo a partir dos radicais de formação concatenados, pode ser uma tarefa frustrante. O termo oxigênio é derivado da junção de dois termos: oxi + gênio, e significava gerador de ácido. O termo designa o papel do oxigênio nas transformações químicas e isso é simplesmente extraído da percepção da construção da palavra. Já o termo nitrogênio é um nome restrito, significa aquilo que não é capaz de sustentar a vida, e não é associado a sua função química. Se um aluno desejar deduzir o significado dos termos fazendo uso dos mesmos parâmetros irá perceber que a linguagem química não segue uma estruturação lógica, o que pode constituir um obstáculo epistemológico.

O simbolismo da linguagem química surge em resposta a dois grandes requisitos históricos: a quantificação e a interpretação sub-microscópica. Esse simbolismo se desenvolve associado a uma série de dispositivos gramaticais que comunicam significados topológicos. Na base da formulação do linguajar da química está a base de nomenclatura proposta por Lavoisier e as fórmulas químicas de Berzelius. Liu e Taber (2015) defende a tese de que o simbolismo Berzeliano foi uma ferramenta para apoiar o desenvolvimento das teorias de Lavoisier no início do século XIX para que as propriedades químicas pudessem ser atribuídas a sua composição elementar. O simbolismo químico é implantado com sinais algébricos para codificar sinais matemáticos. As palavras e os símbolos usados na química sugerem processos, seus participantes e as circunstâncias em que esses processos ocorrem. Sinais foram introduzidos como meio necessário para indicar pesos, proporção e indicio de reação. Por exemplo, a água foi simbolizada por Berzelius como $2H + O$. Essa notação indica que essa água é composta por 2 volumes de H e 1 de O. Essa notação da fórmula da água também está relacionada a dois processos matemáticos operativos. No primeiro, em que o sinal de mais (+) indica quem são os participantes do processo. No segundo, ainda temos implícito um processo multiplicativo, que é elidido, entre os participantes 2 e H.

De fato, pelo exposto a química deve ser apresentada aos estudantes com cautela, para não os repelir. Não podemos fugir da linguagem química, pois entendê-la significa dominar seus modos de expressão. Os conceitos são em última análise construídos com base na discriminação direta da experiência ou por meio de associação metafórica. A mediação entre o sujeito e a experiência ocorre por meio da linguagem. Para ensinar termos o outro tem que apreciar o que estamos pensando. O pensamento não é observável. Ele deve ser decodificado

por meio de representações. As ferramentas de comunicação são também de linguagem. A expressão pode ser verbal, textual, gestual bem como outras formas.

O simbolismo faz parte da linguagem química e, entendê-la é o objetivo do ensino de química. Não tem como ensinar ideias como ligação dupla, substituição nucleofílica, distribuição de Maxwell-Boltzmann sem fazer uso da linguagem específica da química. Ensinar sem a linguagem é inconcebível. No entanto é um desafio ensinar os cânones dessa linguagem assim como é difícil aprender. Por isso que defendemos a tese neste trabalho de se fazer uso de uma anedota na forma de narrativa de ficção para dar acessibilidade aos termos específicos da química.

2.4 LINGUAGEM FIGURATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Algumas pessoas imaginam que a ciência é um conjunto de fatos que podem ser apresentados em uma linguagem simples e sem adornos. Disso promove a crença de que a ciência tem poucas histórias e que sua construção é impessoal. Em artigo de revisão publicado por Avraamidou e Osborne (2009), os autores apontam que existem 4 formas principais de textos usados para comunicar a ciência: texto expositivo, texto argumentativo, narrativa e uma mistura de texto narrativo e expositivo. O mais comum é a forma tradicional de comunicação se baseia em textos expositivos, forma encontrada em muitos livros didáticos. Suas principais características são a exposição e numeração de itens, univocidade, não-dialético e seu foco principal na explicação. O terceiro tipo de texto, que é o narrativo, é usado para construir "narrativas da ciência" e "narrativas de natureza da ciência".

Nas narrativas da ciência, os cientistas desenvolvem uma afirmação, que é apoiada por uma série de dados. Em contraste, os artigos que popularizam a ciência apresentam "narrativas de sua natureza" em que as plantas ou animais são os sujeitos e suas atividades são apresentadas em forma de história, e não em um formulário de dados. Esse tipo de texto escrito - narrativo - é mais comum no discurso cotidiano e deve estar na base da comunicação científica de sala de aula.

Estudos que abordam o uso de narrativas no ensino têm despertado o interesse de pesquisadores há algum tempo. No passado, a professora Catherine Milne (1998), na Austrália, analisou livros de ciências e identificou 4 tipos de narrativas históricas: heróica, descoberta, declarativa e politicamente correta. A autora pontua que cada tipo de história promove um conjunto particular de suposições filosóficas sobre a natureza da ciência e seu processo de construção. Em trabalho recente publicado pelo professor Michael F. Dahlstrom (2014) sobre o uso de narrativas como veículo para comunicar a ciência, ele destaca que as narrativas

podem oferecer uma maior compreensão e interesse. Sublinha que a população não especializada tradicionalmente obtém a maioria de suas informações científicas através de conteúdos de mídias de massa, como rádio e tv, e por isso naturalmente já possuem uma inclinação em direção a formatos narrativos. O autor sinaliza que as narrativas são intrinsecamente persuasivas, o que pode oferecer táticas de comunicação para convencer grupos resistentes quando diante da apresentação de temas que exigem posicionamentos éticos.

O fato é que o perfil do discurso praticado nas academias ou escolas e ambientes de popularização da ciência possui características distintas. Em 2015, Compagnone fez um estudo de comparação entre discursos proferidos em palestras universitárias e palestras TED. O autor percebeu níveis de adaptação do discurso. Evidentemente, que as palestras acadêmicas possuem maior densidade conceitual. Argumenta que as palestras TED, por sua vez, são um exemplo de interdiscursividade em que as informações e os objetivos promocionais se sobrepõem e que "o culto à personalidade" se entrelaça com fins de publicidade da pesquisa. O autor conclui que o método TED é necessário para interagir com públicos leigos e aproximar a ciência do público.

Em outro estudo, realizado dessa vez em 2014, Di Carlo estudou de que maneira o discurso científico é recontextualizado no contexto de popularização da ciência promovido por palestras TED. Sua análise revelou que essas palestras usam um repertório de símiles específicos e cuidadosamente elaborados para aumentar a compreensão dos discursos entre públicos amplos e não especializados. Simulações, analogias, metáforas, ironias e outras figuras de linguagem são usadas como recursos de explicação argumentativa ao comparar conceitos científicos abstratos e complexos com experiências concretas da vida cotidiana, permitindo assim que não-especialistas se envolvam e fiquem por dentro da relevância dos resultados científicos. O autor discorre que esses recursos são capazes de estimular a imaginação do público, transformando a experiência de aprendizagem em um evento agradável, ao mesmo tempo em que viola a barreira que separa especialistas e não-especialistas.

O uso de narrativas enriquecidas com uma linguagem figurativa poderia ajudar a implementar na sala de aula de ciências um ensino mais eficiente, principalmente no início do ensino médio. Com efeito, o discurso da ciência praticado nas salas de aula vai de encontro a essas narrativas envolventes e tem repellido os estudantes. Parra Gee (2004), o idioma científico e da vida cotidiana estão em contraste. Enquanto o primeiro é de natureza abstrata, formal e lógica, o outro, segundo o autor, faz uso da linguagem da vida das pessoas, baseada

em casos ou episódios particulares, sendo coloquial em natureza, e segue uma construção narrativa (GEE, 2004). Segundo Lemke (1990), ao ensinar o conteúdo do currículo de ciências e os valores que muitas vezes vem com ele, a educação científica, às vezes, involuntariamente, perpetua uma certa mística prejudicial a ciência. Essa mística tende a fazer com que a ciência pareça dogmática, autoritária, impessoal e até mesmo desumana para muitos estudantes. Também retrata a ciência como sendo muito mais complexa do que é, e os cientistas como sendo gênios que os alunos jamais podem se identificar.

Oposto a essa conjuntura, existe uma corrente de professores que tem investigado de que maneira a criação de narrativas imersas em cenários figurativos tem cooperado para melhoria da compreensão conceitual (GAO, 2017, LIONTAS 2009, KEYSAR, 2000). Coëgnarts (2017) investigou, por exemplo, a maneira que mensagens subliminares do cinema poderiam ser compreendidas. Ele sugere que o processo de aquisição de significados conceituais está relacionado a processos de mapeamentos metafóricos e processos internos de simulação. Vale frisar, no entanto, que esse mapeamento ocorre ao se fazer uso de uma estrutura conceitual já existente e que será usada ao traçar linhas que entrelaçam pontos relacionais entre o conceito novo e aquilo que já se conhece.

No ensino de Química, por outro lado, o aluno com frequência é confrontado com postulados, termos técnicos e linguajar desvinculado de suas experiências do cotidiano. O não entendimento de partes do discurso pode prejudicar a compreensão. De fato, não basta o texto ser uma bela narrativa e os núcleos conceituais, todavia, estarem embutidos em termos lexicais enigmáticos, sendo assim, portanto, de difícil compreensão. Neste sentido, Willis e Ohashi em 2012 estudaram os fatores que provocam dificuldades para aprender e reter palavras por longo tempo. Os autores descobriram que o principal fator que contribui para dificultar a aprendizagem de palavras está na escolha dos seus cognatos, seguindo da frequência de incidência no discurso e comprimento do morfema.

Os professores sinalizam que se o aluno conhece a origem da palavra, sua raiz, muito provavelmente entenderá seu significado. Apesar do tamanho das palavras terem menor relevância para sua retenção do que os cognatos de construção, seu efeito se pronuncia na retenção de significado ao longo prazo. Com efeito, cognatos e comprimento de fonemas são propriedades fixas de palavras e, como tal, não são passíveis de manipulação em materiais de aprendizagem e tarefas de ensino que promovem a aprendizagem. A terceira variável, frequência, é um tipo muito diferente de variável e é importante do ponto de vista pedagógico, em primeiro lugar, porque é passível de manipulação e planejamento para promover a aprendizagem e, segundo, porque mostra que quanto mais os alunos encontram palavras,

maior a probabilidade de aprender sobre elas, retê-las e compreender seu significado. Ainda pode-se citar outros fatores que dificultam a compreensão conceitual do ponto de vista do discurso como: pronunciabilidade, classe gramatical, abstratibilidade, complexidade derivacional, polissemia e sinonímia com outra palavra.

O uso de figuras de linguagens, na forma anedotas de narrativas de ficção, e sob linguagem acessível, pode cooperar para que o estudante consiga êxito ao se deparar com conceitos novos, abstratos e de significado desconhecido. Figuras de linguagem podem substantivar entidades imaginárias transformando-as em entidades concretas, e esse recurso pode está na base dos processos cognitivos de aprendizagem. Gilbert (2010) cita que as principais teorias de aprendizagem supõem que o pensamento procede com a mente agindo sobre os dados, como se isso consistisse em um fluxo de "entidades" - isso é, como se o ente analisado tivesse propriedades semelhantes a objetos. Essas entidades transmitem informações específicas sobre o que está sendo estudado, descrevendo ideias, objetos, sistemas, eventos, processos. Esse conjunto está dentro do que se chama "representação". Enquanto todo pensamento emprega representações, elas são de especial importância na ciência e, portanto, na educação científica autêntica. Aqui, o maior compromisso quando se compreende uma representação de um fenômeno é ser capaz de fazer previsões sobre o comportamento futuro. Das representações pode-se extrair informações que, quando armazenadas, podem ser capazes de fazer referências cruzadas, o que daria origem a estruturas associativas. Essas estruturas podem ser compostas de representações verbais e imagens associadas. Ressalto, que as representações vinculadas a um conceito não precisam ser singulares. Representações acessórias podem ser usadas como links para outras representações com objetivo de acessar significados.

A maioria dessas representações associadas e acessórias para compreensão de significados é baseada em analogias, metáforas e simulações que tem se mostrado importante como recurso de aprendizagem (Veja, por exemplo: POTTS, 1985; OSKOZIM, WAZORICK, TIEMPETPAISALE, POSKOZIM, 1986; FORTMAN, 1994; HARRISON, TREAGUST, 2006). Steven Darian, da *Rutgers University*, no ano 2000, realizou um estudo onde analisou o papel da linguagem figurativas em textos introdutórios de ciências. Além de analogias e metáforas, o autor investigou a importância de figuras de personificação e animação, e descobriu neste estudo em particular que essas figuras possuem um papel mais importante que analogias na apresentação compreensível do material. Destaco que as figuras de personificação são pouco usadas nas práticas de ensino. Por exemplo, o agente oxidante em um processo redox é caracterizado simplesmente pelo seu valor de E° .

No entanto, talvez fosse personificado na figura de um indivíduo capaz de roubar elétrons e transferir para outro sujeito, os estudantes tivessem uma melhor compreensão. O uso de figuras de personificação, a exemplo de anedotas e fábulas, tem êxito atrelado principalmente à não dependência sociocultural. Chen e Lai em 2014 realizaram um estudo com estudantes universitários de Taiwan. O estudo envolveu 28 alunos e explorou a influência da universalidade e especificidade da cultura na compreensão dos alunos de metáfora e metonímia quando apresentadas noutros idiomas. Os autores descobriram que a não familiaridade dos estudantes com o contexto dessas figuras influencia diretamente em um déficit de compreensão de significado.

Apesar dos resultados favoráveis indicados pela literatura sobre o uso de figuras de linguagem no ensino, alguns professores ainda são céticos quanto à sua utilização. Professores de ciências e escritores de livros didáticos têm opinião ampla em seu entusiasmo por explicações baseadas em analógicas, por exemplo. Aqui no Brasil, a professora Rosali Justi conduziu um estudo ao lado da professora Ivone Monteiro no estado de Minas Gerais (MONTEIRO, JUSTI, 2000) onde avaliou 11 coleções de livros de Química destinados ao ensino médio com foco na análise das analogias apresentadas. Apesar de ter encontrado 126 analogias no total, sua incidência entre os livros analisados é bem espaçada. Tem autor que chega a apresentar cerca de 30 analogias em sua obra, outro apenas 3, o que endossa as distintas preferências associadas a esse recurso explicativo.

Mais recentemente, em 2009, Francisco Junior da *Universidade Federal de Rondônia*, voltou a analisar coleções de livros de Química aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático do Brasil. Analisou apenas 7 coleções e encontrou 154 analogias, número superior ao encontrado no passado e vinculado ao fato de ter mudado a autoria das obras. No entanto, assim como no trabalho de Monteiro e Justi (2000), percebe-se que a incidência desse recurso figurativo varia de autor para autor. Essa cautela pode ser atribuída ao fato de que não se pode prever como os alunos ou leitores irão interpretar os recursos figurativos. Com efeito, existe consenso entre professores de que se apropriados eles promovem eficientemente a aprendizagem de conceitos porque incentivam os alunos a criar associação entre o conhecimento novo e experiências familiares.

É importante destacar que existe uma variedade de figuras de linguagem que podem ser usadas com distintas finalidades quando imersas nas narrativas da ciência. Analogias podem ser usadas quando os estudantes têm familiaridade com a representação alvo, e o professor tem o encargo de apresentar as relações efetivas com o conceito que se deseja ensinar. O uso de metáforas é apropriado quando o grupo é capaz de julgar significados

polissêmicos de sentenças, e isso requer certa maturidade de domínio linguístico. Em anedotas na forma de narrativas de ficção e fábulas, por exemplo, podem fazer uso de prosopópeias e personificar conceitos, atribuindo-lhes características animísticas e atitudes. As historinhas podem ser criadas para satisfazer certas demandas de grupos específicos, apresentando de maneira dinâmica processos atrelados a significados conceituais.

2.5 O CONCEITO DE DENSIDADE

A palavra densidade tem um significado polissêmico. Etimologicamente o termo deriva da junção de duas unidades: densar - que significa juntar/empacotar - e, idade - que significa quantidade. Densidade, portanto, significa a junção ou empacotamento de certa quantidade. Noutra perspectiva, o termo denso também está associado ao radical latim *densus*, que significa qualidade de ser compacto, e ainda pode ser atrelado aquilo que é difícil de ser penetrado. Entidades densas possuem uma determinada relação de quantidade de massa por certo volume, ou possui uma determinada quantidade de entidades por unidade de espaço. Etimologicamente, a palavra densidade não insinua uma relação entre massa e volume, essa conexão surge como uma necessidade de usar a expressão como medida de comparação. O cálculo da densidade em massa representa uma operação onde a massa é distribuída em determinado espaço de maneira homogênea.

Na seara do ensino de química, ensinar o conceito de densidade é um desafio para os professores porque requer que os alunos lidem com o raciocínio proporcional articulado ao entendimento da natureza microscópica da matéria. Pesquisas indicam (ver, por exemplo: SHE, 2010; SEAH, CLARKE & HART, 2015; BOSMAN, LAZZERI & LEGITIMO, 2007) que a densidade é um conceito complexo e, portanto, difícil para os alunos dominarem. Essa dificuldade pode ser associada à natureza abstrata da densidade, uma vez que ela não deve ser entendida somente através de um raciocínio baseado em proporção e relacionamento linear entre massa e volume (ALMUNTASHERI, GILLIES, WRIGHT., 2006). Densidade é a proporção da massa de um objeto para um certo volume. Ela se origina da relação entre duas propriedades extensivas da matéria: massa e volume, que se combinam para formar a densidade enquanto propriedade intensiva. Essa definição, no entanto, atribui a densidade um escopo quantitativo, doravante, a definição de densidade como uma razão matemática entre a massa de um objeto e seu volume suprime importante aspectos da estrutura da matéria.

Nos modos tradicionais de ensino sobre a densidade, no entanto, a relação entre massa e volume é ensinada preferencialmente através de equações e fórmulas relacionadas, e o professor se limita a fornecer instruções sobre como aplicá-los para resolver problemas. Smith

et al. (1997) sinaliza que em tal modelo, os estudantes raramente são encorajados a interagir uns com os outros ou a raciocinar sobre os fenômenos, o que frequentemente leva a uma falta de compreensão conceitual e dificuldade em propor explicações científicas sobre a natureza da densidade. Em suma, o entendimento da densidade sobre esse ângulo é pragmático, e não leva em conta uma série de variáveis que justificam as diferentes densidades dos materiais do ponto de vista microscópico, o que direciona uma compreensão intuitiva e ingênua sobre a densidade dos objetos.

Em um comentário publicado no *Journal of Chemical Education* por Stephen J. Hawkes (2004) da *Oregon State University*, o professor menciona que não é preciso dominar técnicas de matemática para prever a densidade relativa de objetos. Cita, por exemplo, que os neandertais não sabiam de aritmética, mas capazes de notar que alguns tipos de rochas tinham densidade superior a madeira. Ele cita que muitos estudantes acreditam que a densidade é simplesmente o resultado da operação aritmética de divisão da massa por volume, o que torna a densidade uma abstração e os impede de perceber, entre outras coisas, que comprimir algo deve aumentar a densidade. Eles não compreendem que o conceito “densidade” se refere à “densidade” com a qual massa está empacotada. Evidentemente que o modelo de ensino adotado contribui para essa valorização matemática do conceito.

Em 2008, por exemplo, a professora Adriana Vitorino Rossi da *Unicamp* realizou estudo com mais de 400 alunos da rede pública de São Paulo, e encontrou resultados que se deslocam ao encontro desse cenário. Ela e sua equipe verificaram que os estudantes têm dificuldade para entender a densidade como uma propriedade intensiva da matéria, que existe uma supervalorização das equações matemáticas e que a densidade é o valor que, por exemplo, define a separação de fases de uma mistura. A autora pontua ainda que a abordagem tradicional da densidade a partir dos fenômenos de flutuação pode ser relevante para destacá-la como uma propriedade da matéria, mas por outro lado, pode reforçar a ideia de que a diferença de densidade está vinculada a imiscibilidade de substâncias, o que está aquém do modelo intermolecular que embasa o processo (ROSSI et al., 2008).

Na literatura, são diversas as visões dos educadores relacionadas ao conceito de densidade. Por exemplo: 1) existem professores que relacionam com o número de partículas contidas em um objeto; 2) outros, o quão próximas essas partículas estão, 3) ainda abordagens baseadas somente na flutuabilidade, 4) além, claro, daquelas abordagens eminentemente matemática do assunto. Nesse sentido, o termo assume uma conotação polissêmica (MACLIN, GROSSLIGHT & DAVIS 1997). O uso não diferenciado ou “uso indevido” da linguagem explicativa pode causar confusão nos estudantes, sendo necessário que os professores usem

estratégias para abordar essas diferentes visões e assim contemplar diferentes zonas de perfis conceituais para construção holística do conceito. Enquanto as duas primeiras conceituações de densidade são construídas a nível microscópico, o terceiro e o quarto descrevem a densidade na escala macroscópica em termos de quantidades mensuráveis e fenômenos observáveis. Dentro de cada escala, há também diferenças. No lado microscópico, enquanto o primeiro está preocupado com o número de partículas, a segunda visa destacar a distância entre as partículas, o que está vinculado a aspectos de interações, empacotamento e efeitos estéricos. No âmbito macroscópico, a densidade é apresentada como uma relação massa / volume, por um lado, e a fluutuabilidade de um objeto em um fluido, por outro lado.

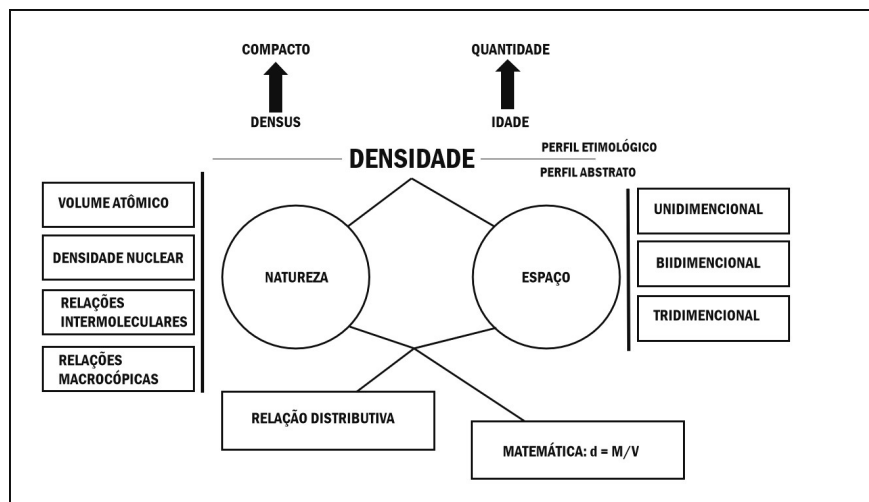
Nos últimos anos, existiu uma corrente de professores que publicaram relatórios que exploram a abordagem e a compreensão do conceito de densidade nas escolas. Em 2007, L. Bosman, F. Lazzeri & J. Legitimo propuseram uma atividade exploratória a um grupo de professores do 6º ao 8º ano, do ensino fundamental, que foram incentivados a implantar em suas salas de aula. A abordagem baseou-se em apresentar aos alunos uma gama de objetos sólidos (varetas, bolas, blocos) feitos em diferentes tamanhos e materiais. Estes foram pesados e seus volumes medidos mergulhando-os em um recipiente graduado e lendo a elevação do nível da água. De posse desse resultado, gráficos de massa versus volume para objetos do mesmo material foram construídos, com a inclinação de cada gráfico sendo uma característica de um material particular, ou seja, sua densidade.

Em outro estudo, publicado recentemente, Thomas S. Kuntzleman (2015), descreveu uma atividade em que os estudantes observam o comportamento dinâmico de flutuação e afundamento de peças plásticas em vários líquidos contidos no que chamou de “garrafa de densidade”. A atividade foi composta por uma série experimentos que orientaram os alunos a pensar sobre as densidades relativas de líquidos e sólidos na garrafa. O autor pontua que no fim da atividade os estudantes são encorajados a construir suas próprias garrafas e são capazes de explicar seu funcionamento. No entanto, apesar dos avanços relatados, parece que esses resultados não têm chegado nas escolas e os estudantes continuam reproduzindo modelos conceituais equivocados. Muitos estudantes confundem os conceitos de densidade e peso, e cogitam que é a mesma coisa. Em procedimentos que envolvem fluutuabilidade de sólidos em líquidos raramente tomam um raciocínio relativo, em termos da densidade do sólido e também do líquido, e concluem que o quê for leve ou pesado flutuará ou afundará, sem necessariamente levar em conta as propriedades do outro componente (SMITH, C., CAREY, S., & WISER, M., 1985; HSIAO-CHING SHE, 2010).

A origem para muitos dos equívocos relacionados reside no fato dos estudantes tipicamente usarem uma causalidade linear simples em sua aprendizagem. Eles raciocinam que uma coisa leva a outra. Diferentemente das propriedades extensivas, cuja adição representa aumento de intensidade, a densidade enquanto propriedade intensiva surge como uma relação especial entre massa e volume, e nesta conjuntura uma variação para mais de uma das propriedades não necessariamente implica em resultado somativo para propriedade. Eles também tendem a se concentrar nas variáveis mais óbvias que podem perceber, como peso. Em geral, os estudantes podem sentir o peso de um objeto diretamente, isso porque massa e peso guardam uma relação diretamente proporcional. No entanto, o raciocínio em termos de densidade é confuso porque não é fácil para um estudante relacionar intuitivamente o peso com as dimensões do objeto.

Raciocinar em termos de densidade envolve o uso de causalidade relacional, pois é o efeito de mais de uma variável que causa o resultado. Indo para origem da propriedade, um modelo causal para a densidade poderia apoiar uma visão quantitativa e qualitativa da densidade. Entender a densidade envolve relacionar massa e volume, envolve notar que diferenças de densidade podem ser associadas a características internas dos materiais como massa atômica, ligações químicas, forças intermoleculares, efeitos estéricos e a densidade das próprias partículas que compõe o objeto. Entender essas diferenças pode levar a uma profunda compreensão do tipo material baseado em sua estrutura e compreender que a densidade é uma propriedade que atribui propriedades peculiares aos materiais, podendo ser usada como instrumento analítico. Com efeito, pensar sobre partículas atômicas pode ser desafiador e envolve novamente causas que não podem ser observadas diretamente. No entanto, oferece uma ponte crítica entre noções intuitivas baseadas em senso macroscópico, modelos matemáticos e aspectos de estrutura interna determinantes. A figura 1 mostra as dimensões do conceito de densidade nas perspectivas abstrata e etimológica.

FIGURA 1. Facetas do conceito de Densidade - Legenda: Polissemia do conceito de densidade (esboço) e suas múltiplas relações



Fonte: acervo do autor

O termo densidade apresenta um revés do ponto de vista de sua tecnicidade. Termos técnicos são empregados no ensino na ciência por imprimir precisão, concisão e clareza no sentido (TAGLIACCOZZO, 1975). O termo em si, etimologicamente, denota apenas uma relação entre entidades que estão justapostas, exibindo ou não certa compactação. Por exemplo, do ponto de vista etimológico o volume não é citado na sua conceituação. O volume é um componente imposto do ponto de vista conceitual para que a ideia de densidade expresse uma relação entre quantidades elementares distribuídas em certo espaço, que no horizonte da química é volumétrico. Essa imposição, por outro lado, deixa de levar em consideração o fato de que não é preciso haver um espaço tridimensional para que se constate essa propriedade. A imposição de se usar o volume como um dos parâmetros de medida de densidade traz limitações. Determinado número de elementos dispostos sobre um plano também pode trazer a conotação de densidade.

Doravante, do ponto de vista etimológico, a densidade é atrelada a compactação, ao preenchimento, e, além do volume, a estrutura morfológica da palavra não menciona o componente da massa, que é interpretado indiretamente e imposto. Esse sentido polissêmico pode confundir os estudantes. Aquilo que está mais compacto não será por tabela mais denso. Essa densidade depende da natureza dos elementos que participam da compactação. Dependendo do material, o menos compacto pode ser o mais denso, e isso contradiz o sentido do termo. No horizonte da química a densidade é simplesmente uma operação matemática onde a massa é dividida pelo volume, supõe-se que essa distribuição de massa pelo volume seja uniforme, o que necessariamente não se verifica.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é do tipo qualitativa (MARTINS, 2004) uma vez que está ancorada na interpretação dos registros e discursos produzidos pelo professor e alunos em situações de aprendizagem.

As etapas de desenvolvimento da pesquisa foram 4, e então descritas a seguir:

- **3.1 Contexto e sujeitos da pesquisa:** a primeira etapa consistiu em escolher os sujeitos da pesquisa e o local onde o trabalho seria desenvolvido;
- **3.2 Desenvolvimento do produto didático:** após definido os sujeitos e compreender seu contexto, desenvolvemos uma narrativa de ficção como recurso de ensino;
- **3.3 Aplicação da Narrativa de ficção:** de posse do produto didático realizamos sua aplicação em sala de aula para validar seu impacto no ensino;
- **3.3 Análise dos Resultados:** por fim, na última etapa da pesquisa analisamos conceitualmente a composição da narrativa de ficção e os dados coletados por meio de questionário de sondagem conceitual aplicado aos estudantes.

3.1 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma escola pública localizada no município de Caruaru, cidade do interior de Pernambuco, localizada a 130 km da capital Recife. A cidade possui uma população estimada em 350 mil habitantes. O primeiro autor desse trabalho é membro do corpo docente da escola onde o recurso foi aplicado, o que justifica sua escolha.

O estudo foi realizado com estudantes do 1º ano do ensino médio. Teve como propósito investigar como a proposta de uma narrativa de ficção baseada em figuras contribui para superação de dificuldades de estudantes na aprendizagem do conceito de densidade. Este estudo problematiza o uso da linguagem técnica, as estratégias de ensino e de compreensão, assim como o papel que as anedotas na forma de narrativas de ficção na forma de figuras podem assumir como suporte de acessibilidade linguística/conceitual.

O tema densidade foi utilizado como o conteúdo químico para ancorar as discussões. Aplicamos o método do grupo focal e fizemos registros dos discursos produzidos pelos alunos em áudio e vídeo.

3.2 - DESENVOLVIMENTO DA ANEDOTA

O roteiro da Narrativa de Ficção foi elaborado com base nas dificuldades mais frequentes apresentadas pelos estudantes em situações de aprendizagem de acordo com a literatura

(ver seção 3.5 da fundamentação teórica) do conceito de densidade. O roteiro da Narrativa de Ficção seguiu a sequência da tabela 1:

Tabela 1 - Títulos das cenas exibidas na Anedota

Cena	Título
1	Ensaio de massa e flutuação
2	Observação de corpos e percepção de superfície interna
3	Percepção de compactação e coleta de amostra
4	Análise de estrutura interna e ensaio de flutuação em 2 líquidos
5	Medição de massa de líquidos (meios de flutuação)
6	Viagem para o mundo quântico
7	Análise de estrutura interna de materiais
8	Percepção de moléculas e átomos como constituintes
9	Análise de fatores de compactação
10	Relação entre unidades moleculares e área
11	Percepção de fatores estéricos e níveis de compactação
12	Ensaio de flutuação – questionário
13	Predição de densidade
14	Aumento de compactação
15	Etimologia
16	Análise de estrutura interna de líquidos
17	Viagem pelas entranhas dos líquidos - observação estrutural
18	Mergulho e observações de estrutura interna de líquidos
19	Diferença de densidade de líquidos - questionário
20	Relação entre área e níveis de compactação - expansão
21	Fator forças intermoleculares
22	Predição de propriedades - questionário

A Narrativa de Ficção tem como protagonista um sujeito chamado de “personagem”. Ele é colocado em situações conflitantes. Ele viaja pelo mundo dos átomos e observa a propriedade densidade emergir a partir de suas observações. A Narrativa de Ficção foi apresentada aos estudantes sem apoio textual, mas nesse manuscrito as cenas são descritas quando necessário para otimizar a compreensão (anexo 1).

3.3 - APLICAÇÃO DO RECURSO

Sequência de ações que foi usada em sala de aula para aplicar a Narrativa de Ficção:

1) Explanação do tema pelo professor (30 mim)

- Debate com os alunos sobre as ideias de massa, volume, propriedades intensivas, extensivas;
- Sustentação oral, uso de quadro, pincéis e experimentos em desenhos simples.

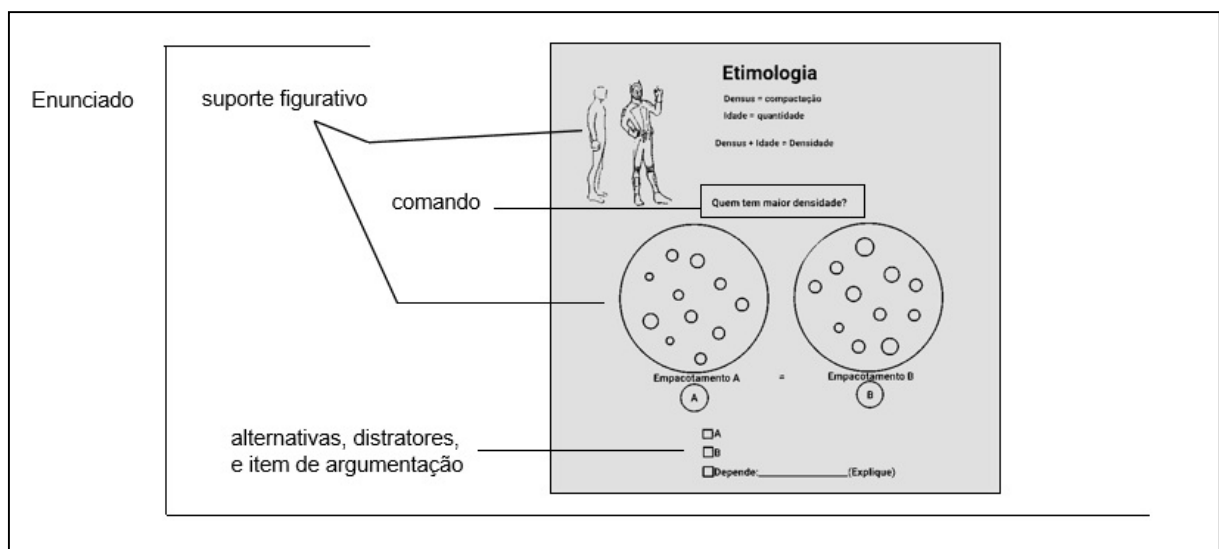
2) Alunos recebem a Anedota para acompanhar exposição. Uso de anedotas e realização de atividade guiada (150 mim):

- Alunos recebem esboço dos desenhos sem texto.

- Professor traça o roteiro
- Alunos interpretam a sequência de imagens e itens figurados
- Estudantes, com base nas observações das figuras, respondem quesitos sobre o tema

Com efeito, os estudantes realizaram a resolução dos quesitos de modo independente. Após explanação do conteúdo, a Narrativa de Ficção foi entregue. Ela consta no anexo 1 deste trabalho. O professor apenas acompanhou o trabalho dos alunos e ficou a disposição para esclarecer dúvidas associadas ao andamento da atividade. A estrutura geral de cada episódio é apresentada na figura 2, a seguir: Algumas cenas foram apresentadas sem necessariamente possuírem quesitos anexados.

Figura 2. Estrutura básica das cenas da Anedota. Estrutura geral dos episódios usados em sala. Observe a composição figurativa e o quesito que exige sua compreensão.



Fonte: Acervo do autor

Cada episódio da Narrativa de Ficção se articulava na forma de construir um enredo onde o conceito de densidade foi pano de fundo. Conforme a figura 2, o episódio era composto geralmente por um diálogo entre os atores da narrativa, um desenho que representava um modelo simplificado da estrutura da matéria ou fato observável a partir de um experimento e um quesito que exigia a interpretação da cena.

3.4 – INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados de aprendizagem foram analisados no sentido de validar o recurso proposto, e para isso foram avaliadas as respostas dadas pelos estudantes ao questionário apresentado

junto com a Narrativa de Ficção. É um questionário que tem um tom investigativo sobre os contextos apresentados. Esse questionário está inserido ao longo dos episódios da Narrativa de Ficção. Neste momento, na tabela 2, apresentamos os quesitos isolados que foram extraídos das cenas.

Tabela 2 - Questionário usado durante a aplicação da Anedota

Questionário
1) Por que bolas do mesmo tamanho podem possuir massas diferentes?
2) Por que a bola 2 pesa mais do que a 1?
3) O que é compactação?
4) Qual bola está mais compacta?
5) Como você imagina que seja a estrutura da bola 3?
6) Observe a tabela ao lado e diga qual átomo pode fazer parte de sua composição.
7) Como deve ser a compactação da bola 3? Assinale a caixa ao lado.
8) Se mais unidades moleculares forem adicionadas no mesmo espaço o que acontece com sua compactação? Marque a caixa ao lado.
9) Mais unidades moleculares do mesmo espaço. O que acontece com a massa, sabendo que o volume é fixo?
10) Isso afeta a flutuação?
11) Observe o esboço ao lado. Analise as bolas e seus empacotamentos. Quem tem maior densidade?
A) _____
B) _____
DEPENDE, _____ (explique)
12) Quando são misturados os líquidos 1 e 2, o líquido 2 fica em baixo. Explique por quê.
13) Para o mesmo volume de cada líquido, qual o mais leve?
14) Porque é tão difícil afundar no líquido 2?
15) Onde temos maior compactação? Observe as caixas ao lado para responder.
16) A massa das bolas é a mesma e de valor fixa. Quando aumenta o volume, o que acontece com a compactação das bolas?
17) Do que depende a compactação?
18) Porque a bola 1 flutua e a bola 3 afunda?
19) Qual estrutura possui maior densidade? Responda na figura.
20) Assinale os itens que afetam a densidade.

Os itens do questionário foram desenvolvidos para explorar diferentes competências dos alunos, conforme tabela 3, a seguir. Essa tabela será usada como instrumento para guiar a discussão dos resultados. Na tabela, a coluna que trata das competências apresenta as operações cognitivas que indicam as habilidades que o aluno deve dominar para resolver o item. A coluna da proficiência traz os campos específicos que devem ser dominados na solução do item. As questões associadas a cada competência são listadas na terceira coluna.

Tabela 3 - Expectativa de competências, proficiências e habilidades exigidas dos alunos durante a soluções de itens.

Competências	Proficiências	Questões
Competência 1: Explorar a habilidade do aluno em justificar propriedades gerais da matéria a partir de argumentos que envolvem modelos abstratos e fatos de acesso indireto.	1) Associar questionamento a fato científico; 1) Propor hipóteses; 2) Apresentar elementos de justificativa lógicos 3) Fazer uso de expressões técnicas na formulação do argumento	Q1, Q2, Q5, Q7, Q8, Q9, Q12, Q13, Q14, Q16, Q29
Competência 2: Explorar a capacidade do aluno entender um termo a partir de sua estrutura morfológica e contexto de uso.	1) Manifesta consciência lógica do significado do termo; 1) Interpretar significado a partir do posicionamento do item no contexto; 2) Usar modelo para explicar seu sentido.	Q3, Q15, Q17, Q18
Competência 3: Investigar a capacidade do aluno em associar definição de um termo a um fato observado	1) Aplicar conceito científico para compreender as propriedades de um material	Q4, Q10, Q11, Q17
Competência 4: Investiga a capacidade do aluno em associar propriedades macroscópicas da matéria com dados extraídos da tabela periódica.	1) Reconhecer informações gráficas relativa a tabela periódica; 1) Associar propriedades macroscópicas dos materiais a e sua estrutura atômica	Q6

As respostas de cada aluno às questões serão apresentadas na sequência. Os alunos serão identificados por números: aluno 1, aluno 2, aluno 3, alunos 4, aluno 5 e aluno 6. Uma discussão detalhada sobre as respostas dadas aos questionamentos baseadas nas competências e proficiências apresentadas na tabela 3 será apresentada.

CAPÍTULO 4

4) RESULTADOS

Essa seção está segmentada em 4 partes:

- 4.1 - neste item iremos descrever o momento onde houve a aplicação da Narrativa de Ficção na escola;
- 4.2 - serão apresentados os fundamentos que embasaram a construção da Narrativa de Ficção;
- 4.3 - apresentamos as respostas dos alunos aos quesitos que foram resolvidos em sala. As respostas de cada aluno para os quesitos são discutidas com base nas expectativas de competências e proficiências elencadas na tabela 3;
- 4.4 - são colocadas as implicações que os achados tem para o ensino são discutidas.

4.1 - DESCRIÇÃO DO MOMENTO DE AULA

Como foi colocado anteriormente, o estudo foi realizado com estudantes da 1º série do ensino médio, que foram convidados a participar livremente da pesquisa. A sala era composta por 42 estudantes, e 6 estudantes participaram do estudo que ocorreu no contraturno da escola, horário da tarde. A escola onde foi realizada a pesquisa está localizada em um bairro de classe média em Caruaru, mas os estudantes que frequentam os cursos pertencem a bairros da periferia da cidade. A escola atende estudantes de baixa renda e alguns deles apresentam problemas sociais, inclusive de envolvimento com drogas.

Os estudantes da escola têm pouco tempo para se dedicar aos estudos e a escola está localizada no complexo da feira da sulanca. A maioria dos estudantes da escola ajuda seus pais e trabalham na feira, seja como carregadores de sacos de mercadoria ou como vendedores.

Cada cenário apresentado na Narrativa de Ficção continha objetivos de ensino que serão apresentados a seguir, assim como o desempenho dos estudantes.

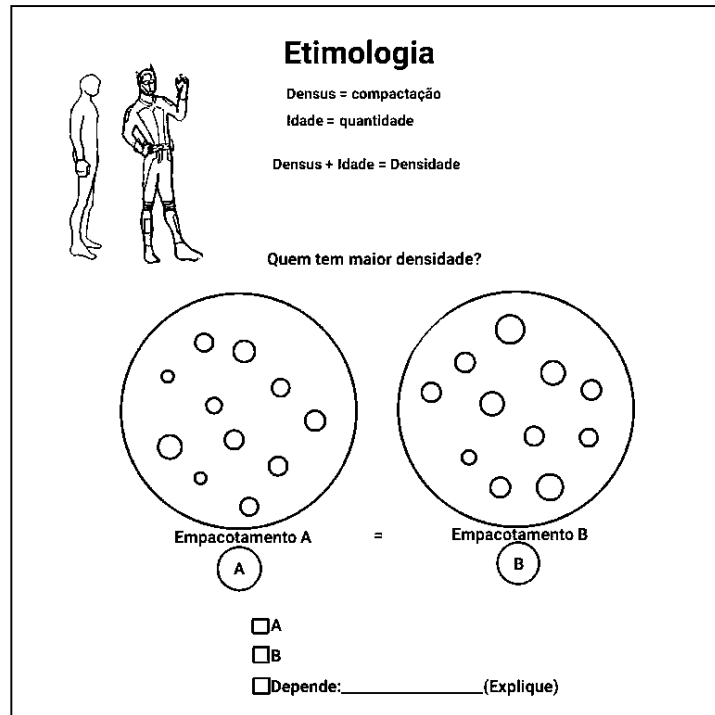
4.2 ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DA ANEDOTA

Os cenários apresentados na anedota se basearam em aspectos conceituais articulados ao conceito de densidade. As cenas descrevem um roteiro que tem por objetivo subsidiar o aluno a entender a construção do termo. A ordem de desenho e criação dos quadros não seguiu a ordem do roteiro. Os insights iniciais se basearam em definições isoladas e fora de enredo. Fazendo uso da literatura de equívocos apresentadas do capítulo 3, seção 3.5, as cenas foram criadas, os personagens então inseridos, e por meio de uma narrativa, que ligou as

cenas, os episódios foram posicionados temporalmente dentro da histórica fictícia narrada através do recurso.

O primeiro quadro criado foi o que trata do conceito etimológico de densidade. Ele é apresentado a seguir:

QUADRO 1. Etimologia do item léxico Densidade - definição etimológica do conceito de densidade. O quadro constitui a cena 15 da Narrativa de Ficção após construção da narrativa.



Fonte: acervo do autor

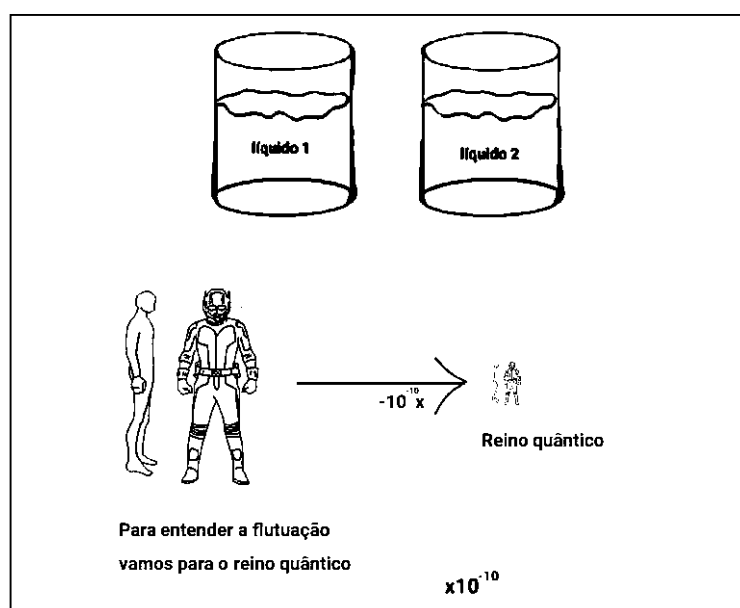
O quadro 1 apresenta um conceito de densidade restrito e associado a etimologia. O conceito de densidade nesse sentido tem a conotação de conjunto empacotado e que possui certo grau de compactação. No quadro 1, dos corpos são mostrados e pede para se comparar seus graus de compactação. Observando ambos os corpos, nota-se, de modo geral, que se for considerada a quantidade de vácuos por área compacta, o mesmo valor de densidade será encontrado para ambos os corpos. Há 11 vácuos/círculos. Por outro lado, se for considerado o tamanho dos vácuos, o círculo de empacotamento B apresenta mais espaços vazios, já que possui vácuos maiores. Nessa segunda opção, o corpo B iria apresentar menor densidade que o corpo A.

A conclusão sobre qual será o corpo com maior densidade também depende da composição da parte mais escura da figura. Essa é a parte rígida, sólida. Nessa região pode haver microambientes pneumáticos, espaçamentos nanométricos entre moléculas que não são

notadas por esse modelo. Além disso, detalhes sobre a composição atômica não são esclarecidos pela simples apresentação dessa figura. Somado a isso, na cena, a densidade é apresentada em um cenário bidimensional, o que é bem diferente das reais manifestações dessa propriedade no espaço tridimensional. A noção intuitiva de densidade como uma relação entre massa e volume também não é atendida nesta cena, o que configura uma limitação. Diante dessas limitações, os demais cenários emergiram como forma de fazer o aluno perceber as múltiplas facetas desse conceito. Com efeito, Após construção da narrativa de ficção, o quadro 1 foi posicionado como cena 15. Esses aspectos microscópicos exigem do aluno um raciocínio não habitual. O aluno precisava encolher até a escala atômica e observar diretamente.

O processo de encolhimento para alcançar a escala atômica é apresentado no cinema de forma fictícia por meio do personagem chamado Homem Formiga (Marvel, 2015). O homem formiga é um personagem que participa do enredo dos vingadores. No filme, o homem formiga é um sujeito que teve acesso a uma partícula hipotética chamada de Pym, e viveu no mundo quântico uma parte de sua vida. O mundo quântico estaria em um lapso temporal. No filme, o personagem é teletransportado e surge na escala nano, na mesma dimensão de átomos e moléculas. A cena que representa a viagem para o mundo quântico do personagem e do homem formiga é representada no quadro 2, a seguir.

QUADRO 2. Encolhimento até a escala atômica. Legenda: O quadro corresponde a cena 5 da Narrativa de Ficção. A figura trata-se de um modelo fictício. Objetos na escala atômica não podem ser visualizados diretamente nestas dimensões.



Fonte: acervo do autor

A redução de 10^{-10} teve como objetivo atender as escalas de volumes atômicos. A escala de grandeza dos átomos foi baseada nas medições de J. Lothar Mayer de 1870, que determinou o volume dos 63 elementos descobertos no seu período histórico (Marshall & Marshall, 2007). A discussão sobre o modo como foi calculado o volume dos átomos não foi apresentada aos estudantes. Evidentemente, a relação entre massa atômica e densidade poderia ser apresentada, mas no caso em tela optamos por não apresentar. A ordem de 10^{-10} para a escala atômica é sustentada noutros trabalhos (GHOHS & BISWAS, 2002).

Na série de cenas apresentadas, tentamos nos esquivar da ideia meramente quantitativa da densidade, como uma relação direta entre valores de massa e volume. Isso abre perspectivas para continuar esse trabalho. A ideia de densidade como proporção não leva em conta a real distribuição de matéria nos corpos. Em geral, o que se calcula é uma densidade média, supondo que a distribuição de massa é homogênea. Quando se diz que a densidade de um material é de 200g/cm^3 , por exemplo, se está supondo que em cada 1cm^3 há uma compactação de 200g do material. Evidentemente isso é verdade se a substância for pura ou caso seja uma solução homogênea. Caso seja um material heterogêneo, ainda assim, pode apresentar distribuição de massa por volume homogênea, mas isso vai depender do estado físico, tipo de cristalização, homogeneidade de distribuição das partículas, dentre outros fatores.

Entender aspectos microscópicos associados a densidade é desafiador para os estudantes. A densidade é um conceito abstrato no sentido de que não pode ser acessada diretamente, e sua compreensão perpassa por entidades não acessadas pelos sentidos. O uso de abordagens que reduzem a densidade a uma relação simples de massa por volume, entretanto é incentivada pela literatura, o que justifica a insistência dos professores em limitar-se a essa formulação.

Estudo realizado em Uberlândia, com alunos do EJA, por Souza e colaboradores (2014) mostra uma atividade experimental em que corpos são colocados dentro de recipientes contendo líquidos para a determinação da densidade apenas como a razão entre a massa dos corpos e o volume deslocado. Os resultados foram publicados na revista QNEsc, principal referência do país para professores de química. Os autores, por outro lado, não discutiram sobre aspectos atômicos associados a densidade, ou sobre qualquer outra propriedade microscópica que pode afetar sua medida.

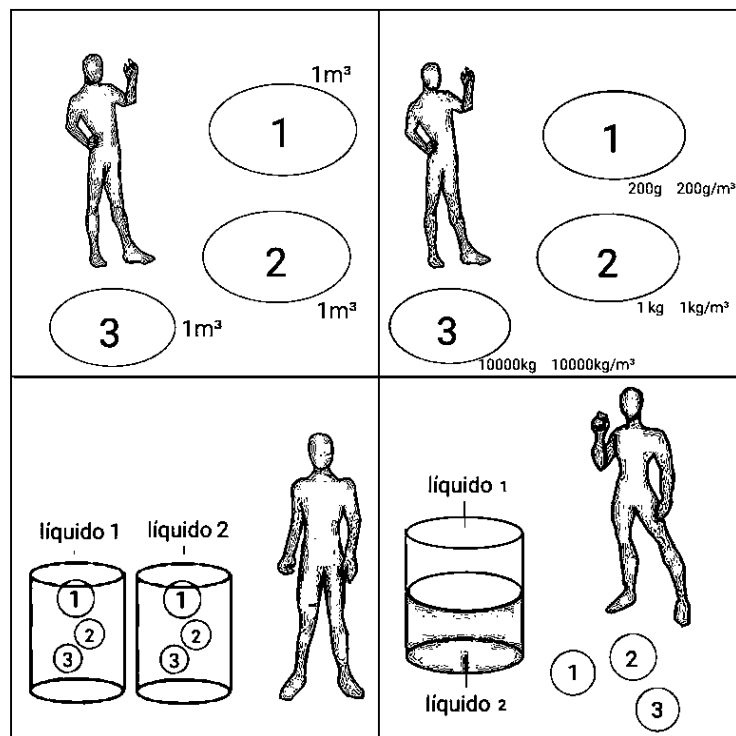
Silva et al. (2019) publicaram um artigo recente na revista virtual de Química, onde usam o parâmetro densidade para determinar a qualidade do leite. O estudo foi realizado no Ceará e envolveu uma reportagem fictícia e análise de amostras de leite com e sem

adulteração. Apesar de associar o conceito a um contexto real, os autores também não discutem aspectos atômico-moleculares da densidade.

No estudo realizado por Vaz, Acciari, Assis e Codado (2012), os autores exploram e propõem experimentos para os conceitos de densidade e viscosidade. Os professores estudaram três líquidos: uma solução de sacarose, um detergente biodegradável e uma porção de óleo vegetal de soja. Esses autores já discutem suas observações levando em conta forças intermoleculares e fatores de coesão, contemplando a análise de fatores abstratos associados ao conceito de densidade. Estudos como esses, doravante, são raros, e as abordagens de sala de aula raramente os levam em conta.

A apresentação da densidade como uma relação entre massa e volume é bem intuitiva. Na verdade, ao comparar corpos de mesmo tamanho e massas diferentes não é uma tarefa complexa notar que o mais pesado é o mais denso. A série de cenas que propomos começa explorando essa noção intuitiva. Observe o quadro 3:

Quadro 3. Percepção visual de corpos de diferentes densidades - observação macroscópica de diferentes corpos e ensaio de flutuação. Obs: o quadro representa a cena 1 da Narrativa de Ficção.



Fonte: acervo do autor

Esse trecho da Narrativa de Ficção, que corresponde a cena 1, está articulado ao que é comum para o aluno: entender a densidade a partir da percepção da massa e da flutuabilidade.

O quadro 3 pode ser segmentada em quatro ações:

- 1) Percepção de volume;
- 2) Percepção de massa
- 3) Ensaio de flutuação
- 4) Separação de fases entre líquidos de diferentes densidades

A cena 1, apresentada no quadro 3, simula apenas uma situação onde o personagem faz observações. Ensaio de flutuabilidade são extremamente explorados nas escolas do Brasil. Em 2017, França e Malheiro, realizaram um estudo com alunos do Pará sobre flutuabilidade dos corpos. No procedimento, foi pedido que os alunos previssem por meio de hipóteses a capacidade de flutuação de corpos. Trabalharam com os seguintes materiais: ovos, caneta, lápis, isopor, madeira, clip, medalha de ouro, papel e panos. A abordagem do conceito de densidade foi tangente, pois o propósito dos autores foi de captar aspectos motivacionais que emergiram na abordagem. Os resultados foram positivos no sentido de ter despertado maior interesse do estudante (França e Malheiro, 2017).

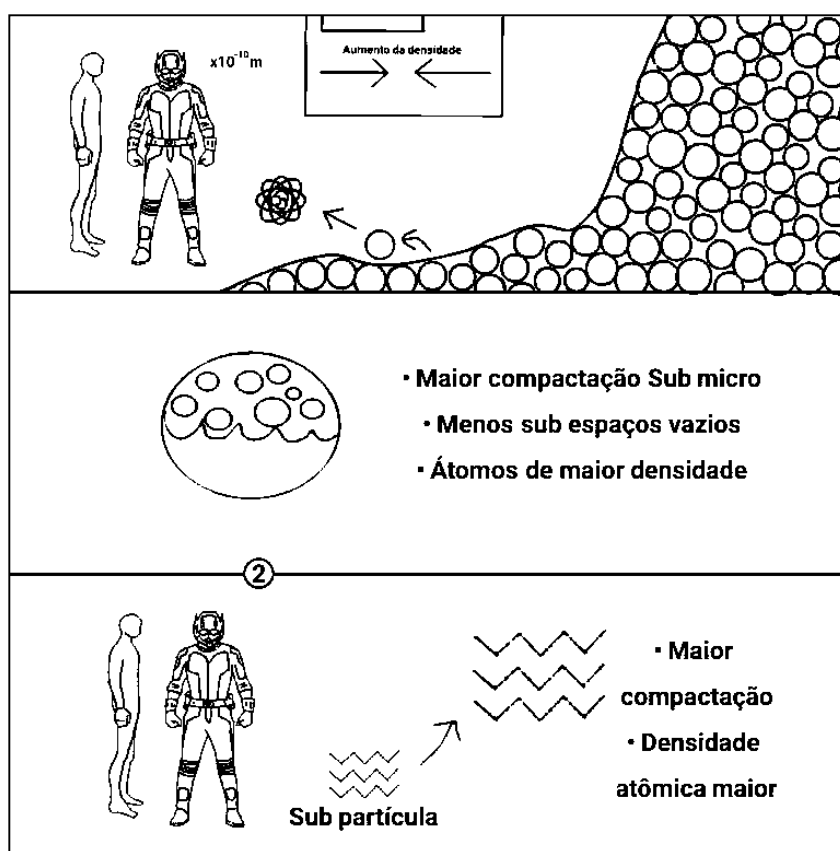
Ferrari e Robaerti (2017) fizeram ensaios de separação de fases de líquidos com alunos do 9º ano do município de Alegrete. Usaram óleo vegetal, álcool e água. O experimento consistiu em colocar os líquidos numa proveta e obter uma torre de densidade. Os valores numéricos das densidades das substâncias foram fornecidos. Os estudantes foram convidados a correlacionar os dados numéricos com a posição dos líquidos na torre. Segundo os autores houve ganhos de aprendizagem com o uso do método de observação. A cena que usamos, apresentada no quadro 3, foi elencada como cena 1, por sua capacidade de despertar curiosidade e inquietação.

Vale frisar que o uso de Narrativas de Ficção em vez de experimentos tem suas limitações. Por exemplo, na cena 1, apresentada no quadro 3, observações de corpos em fluidos expostos a diferentes cenários são realizadas pelo personagem. Essa cena tem a limitação de apresentar a densidade como um conceito estático. Na verdade, é possível alterar a densidade dos corpos, seja pela redução do seu volume, ou pela adição de massa sem haver aumento volume.

Perceber essa dinâmica do conceito livra o aluno de fazer uso de raciocínios baseados em proporção linear. Quando a massa aumenta, o volume não necessariamente aumentar também. Por exemplo, se se adicionar um soluto dentro de um líquido pode haver sua dissolução. A massa do conjunto líquido-soluto é maior que a massa apenas do líquido. Ao se dissolver o ganho de volume é imperceptível comparado ao ganho de massa. Isso faz aumentar a densidade. A proposta de apresentar o conteúdo por meio da Narrativa de Ficção tem sua viabilidade pautada em ser capaz de apresentar situações inacessíveis por vias diretas.

Smith et al. (1997) sinaliza que a abordagem matemática da densidade não encoraja os estudantes a interagir uns com os outros ou a raciocinar sobre os fenômenos. A abordagem de fluutuabilidade e comparação com dados numéricos faz o aluno compreender a densidade como medida meramente comparativa, mas a natureza abstrata do conteúdo ainda não é explorada. Contar uma história para adentrar na estrutura da matéria foi o principal objetivo do nosso produto. Uma das cenas mais emblemática é apresentada no quadro 4, a seguir:

Quadro 4. Percepção em escala atômico da estrutura da matéria. Legenda: nesta cena o personagem e o homem formiga encolhem até a escala atômica e observam a estrutura da matéria. O quadro corresponde a cena 11.



Fonte: Acervo do autor

No quadro 4, o personagem e o homem formiga estão nesta ficção pouco maiores do que átomos e moléculas. Evidentemente que o que observam são apenas modelos concretos que foram usados simplesmente para viabilizar a compreensão. Nesta figura, as pequenas esferas representam unidades que acomodam moléculas e átomos. A dimensão dos personagens é de 10^{-10} . Nesta figura, exploramos a característica das subpartículas, seu design e sua capacidade de compactação. A tabela periódica foi apresentada para destacar o posicionamento dos átomos que compõem as unidades moleculares.

O uso de anedotas na forma de Narrativas de Ficção pode ser encarado como um estímulo que ajuda a quebrar os padrões rígidos das lições e envolve os alunos no processo de compreensão conceitual. Johnstone (1997) mostrou evidências de que crianças não conseguem lidar facilmente com cadeias estendidas de raciocínio lógico sequencial. Após instantes de concentração, a criança devaneia para situações paralelas. Em 1993, o professor Weber mostrou que é possível para as crianças incorporar no pensamento histórias como cadeias de eventos, ajudando-as a relacionar causa e efeito. Na mesma época das pesquisas de Weber, Kalat (1995) demonstrou que eventos significativos são mais fortemente incorporados pela memória de longo prazo.

O uso de personagens para ilustrar situações científicas não é uma novidade na ciência. Por exemplo, a *Association for Science Education* publicou as aventuras de Charlie, o Colombo, para ensinar conceitos de eletricidade (Hodgson, 1998). Em 2001, Banister e Ryan defenderam o uso de um personagem chamado William Water para ensinar tópicos associados ao ciclo da água na escola. Em 2004, Rowcliffe apresentou uma revisão onde os ganhos associados ao uso de histórias e anedotas no ensino. O autor pontua, entretanto, que o uso de tais recursos não pode ser usado em demasia, pois os alunos podem encarar a ciência com escárnio. Tem que ficar claro desde o início o papel de recurso discursivo para que o raciocínio factual não seja prejudicado. O aluno tem que reconhecer que está diante de uma representação fictícia, que elétrons, por exemplo, não morrem quando uma bateria acaba. O aumento do poder de fixação de narrativas é endossado por diversos outros autores.

Em 2010, Dahlstrom constatou em seus estudos uma melhoria da memória instrucional. Um importante estudo sobre o uso de anedotas e narrativas de ficção foi realizado pelo professor Marsh em 2003. O pesquisador demonstrou que o sucesso do ensino por histórias e narrativas não está associado ao domínio inicial do conhecimento passado por métodos tradicionais, o que sugere que crianças e estudantes de modo geral podem aprender o conteúdo somente pelo uso do recurso. O pesquisador usou um grupo experimental e de controle e depois aplicou a ambos o mesmo questionário. Os resultados de ambos os grupos foram semelhantes, sendo que o grupo experimental teve acesso ao conhecimento de modo mais agradável. As diretrizes para o uso coerente de narrativas e anedotas no ensino são extensivamente recomendadas. No artigo intitulado “*Stories and Anecdotes in the Chemistry Classroom*” publicado no *Journal Chemical Education* a professora Deborah. A. Folino (FOLINO, 2001) discorre sobre os benefícios da utilização de contar histórias na sala de aula de química. O artigo traz histórias usadas pela autora para abordar a história da química,

tópicos do conteúdo, ilustração que falam de erros e ética na ciência. O artigo é referência em propor diretrizes para os professores desenvolverem suas próprias histórias.

4.3. TRANSCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS E DISCUSSÃO

As respostas de cada aluno aos itens apresentados no questionário serão discutidas nesta seção. Em algumas situações, mais de um item podem ser discutidos de modo agrupado no intuito de alcançar uma compreensão mais holística da aprendizagem alcançada a partir do uso do recurso. Doravante alguns quesitos são dependentes do enredo geral da Narrativa de Ficção. Nesta seção, a discussão vai ocorrer da seguinte maneira:

- 1º) será apresentado o quesito;
- 2º) o quesito será qualificado dentro dos descritores e proficiência
- 3º) as respostas dos estudantes serão discutidas

A discussão das respostas dos estudantes vai se basear na consistência conceitual dos argumentos apresentados. Os itens lexicais de natureza técnica serão destacados como indício de apropriação linguística.

1) Por que bolas de mesmo tamanho podem possuir massas diferentes?

Item 1: Este quesito explora a habilidade do aluno em justificar o padrão das massas observadas após pesagem dos corpos. As esferas apresentadas na cena 1 possuem o mesmo volume e forma geométrica, porém as massas são diferentes. Também é apresentado na cena um ensaio de flutuação, e o aluno observa que as esferas possuem diferentes graus de flutuabilidade. Neste quesito se exige que o aluno seja proficiente em associar os fatos observáveis a modelos da ciência. O aluno deveria fazer uso de termos técnicos para justificar e propor hipótese do porquê bolas de mesmo tamanho podem possuir massas diferentes. Segue dados coletados para o item 1:

Aluno 1: por causa do material e dos átomos

Aluno 2: por causa de sua densidade que pode ser menor e também seus átomos. Por causa de suas moléculas que não se unem

Aluno 3: porque os átomos podem interferir. Porque os espaços entre os átomos podem ser diferentes.

Aluno 4: por conta da densidade. Pelo fato da formação do núcleo do átomo.

Aluno 5: porque a diferença de átomos. Sua organização molecular.

Aluno 6: porque tem menos massa. Porque tem menos densidade

O aluno 1 associa as diferentes massas a composição interna das esferas. Ele apresenta a hipótese de que a diferença das massas se deve a composição atômica. Ele, portanto, faz uso da expressão técnica “composição atômica”, usando-o em um contexto coerente. O aluno 2 associa as diferentes massas ao, apesar do igual volume, ao fator densidade. O aluno ainda traz os elementos de justificativa: composição atômica, e modo de compactação de suas moléculas. Os termos “densidade”, “átomos” e modo de “união molecular” são os termos técnicos apropriados na sua linguagem e usados de modo coerente. O aluno 3 justifica, e argumenta que os átomos podem ser responsáveis pelas diferentes massas. Ele apresenta a hipótese de que o espaçamento entre os átomos em cada esfera é diferente, e que isso poderia afetar as medidas observadas. Do ponto de vista da apropriação linguística, faz uso dos termos “átomos” e “espaçamento atômico”. O uso dos termos ocorre em um cenário coerente.

O aluno 4 associa as diferentes massas a densidade dos corpos. Atrela o fato observado também a estrutura do núcleo atômico. “Densidade” e “núcleo atômico” são os termos apropriados pelo aluno. O aluno 5 apresenta a hipótese de que o diferente grau de fluabilidade e as massas diferentes, apesar do mesmo volume, são devidos aos diferentes tipos de átomos usados para compor os materiais. A organização molecular é pontuada por ele como sendo outro fator relevante e que justifica a observação. Os termos “átomos” e “organização molecular” são os itens técnicos incorporados em seu discurso. Por fim, o aluno 6, apresenta uma conexão mais superficial do que os demais alunos. Associa os fatos observados ao volume de massa que tem dentro de cada esfera e a densidade. Os termos “massa” e “densidade” são incorporados no seu discurso.

Vale ressaltar que nesta questão os estudantes não tiveram acesso a imagens que revelassem a estrutura interna do material. Ao longo da Narrativa de Ficção a estrutura interna de cada esfera foi revelada, na forma de desenho como modelo representativo. É verdade que o raio atômico, sua composição nuclear, a forma com que os átomos se ligam afetam o modo como a massa se distribui em determinado volume. O fator arranjo molecular é outro relevante neste contexto. Apesar de apresentar justificativas monofrasais, os dados coletados revelam que os estudantes foram capazes de apresentar respostas capazes de romper as barreiras do observável por via direta. A colocação de termos técnicos na estrutura de seus argumentos trouxe indícios de incorporação linguística.

2) Porque a bola 2 pesa mais do que a 1?
--

Neste item é explorada a capacidade do aluno fazer uma comparação entre objetos semelhantes do ponto de vista visual, mas que apresentam propriedades diferentes: massa e fluutuabilidade. O aluno deveria associar sua justificativa a estrutura interna das bolas, que seja seu arranjo molecular, volume atômico, estrutura do núcleo atômico e compactação da matéria. Conforme tabela 4, os quesitos 1 e 2 apresentam o mesmo descritor e proficiência por parte do aluno, guardando as particularidades de cada questão. As respostas esperadas para esse quesito deveriam ser consistentes com aquelas apresentadas no quesito 1, visto que as questões estão conectadas. Na Narrativa de Ficção, o quesito 2 esta anexada a cena 2, e nela o estudante poderia observar parte da estrutura interna da esferas. A seguir são transcritas as respostas dos estudantes para esse quesito:

Aluno 1: Materiais diferentes, porque tem mais massa. Porque existe espaço vazio entre átomos.

Aluno 2: por causa de suas moléculas que estão unidas

Aluno 3: porque os espaços dos átomos são menores

Aluno 4: por causa dos átomos. Por causa da compactação das moléculas

Aluno 5: suas moléculas estão mais organizadas

Aluno 6: porque as densidades dela são diferentes. Porque é mais densa

Para o quesito 2, o aluno 1 menciona que o corpo é mais pesado pois consegue acomodar mais massa no seu interior. Ele ainda associa a diferença de massa a presença de espaços vazios no corpo que possui menor massa. O aluno 2 menciona que a bola 2 possui moléculas mais unidas, o que confere mais estado de compactação. Se a compactação é maior, consequentemente mais massa consegue ser acomodada em um mesmo espaço. O aluno 3 apresenta hipótese para a diferença de massa entre as esferas 1 e 2 como resultado do “espaço menor entre os átomos”. O aluno 4, apresenta dois elementos justificadores: o fator natureza dos átomos e compactação molecular. Para esses estudantes termos como “união molecular”, “espaçamento atômico” e “compactação molecular” povoaram seu repertório linguístico. O aluno 5 justifica a diferença de massa citando o fator organização molecular. O aluno 6 explica que a diferença de massa se deve a diferença de densidade.

A questão 3 explora a habilidade do aluno em entender um termo a partir de sua morfologia e contexto de uso. O estado de compactação de um material é um recorte isolado dentre os fatores que afetam a densidade. Neste item, foi solicitado que caso o aluno não recordasse do tema, ele poderia ilustrar sua compreensão por meio de um desenho. As proficiências necessárias para solucionar esta questão seria: i) manifestar consciência lógica do significado de um termo; ii) interpretar seu significado a partir do posicionamento do termo dentro do discurso; iii) ser capaz de manifesta o significado de um termo por inferência; iv) usar modelos para explicar sentido de um termo. Segue os dados coletados.

3) O que é compactação?

Aluno 1: obs: aluno apresentou desenho mostrando cadeiras moleculares alinhadas.

Aluno 2: não entendi a palavra

Aluno 3: é o que é mais densa

Aluno 4: é a forma que as moléculas organizam dos átomos

Aluno 5: é quando os átomos estão mais próximo um do outro.

Aluno 6: é quando elas se juntam

O aluno 1 não apresentou resolução por extenso. Ainda assim mostrou o que entende sobre o conceito de compactação. O aluno apresentou um desenho com cadeias alinhadas. Vale frisar que na Narrativa de Ficção foram apresentadas cadeias alinhadas e cadeias desalinhadas, de forma a impedir uma maior compactação no interior das esferas. O aluno 2 não foi capaz de decifrar o termo. O aluno 3 apresentou resposta sucinta. Para ele a compactação está associada com a densidade. A definição direta do termo não foi apresentada. O aluno 4 apresentou concepção mais avançada, articulou o termo a organização dos átomos nas moléculas. A construção frasal do termo, por outro lado, mostrou-se confusa. O aluno 5 associou a compactação a proximidade entre os átomos. O aluno 6 associa a definição ao verbo juntar.

O quesito 4 investiga a capacidade do aluno em associar a definição de um termo a um fato observado. Ao resolver o quesito 4 o aluno já havia observado as informações associadas as massas das esferas, ensaios de flutuação. Já haviam sido incentivados a relacionar as observações com modelos teóricos e informações de acesso indireto. A proficiência seria aplicar o conceito para escolher de modo coerente um item. Os dados coletados são apresentados.

4) Qual bola está mais compacta?

Aluno 1: bola 2

Aluno 2: bola 2

Aluno 3: bola 2

Aluno 4: bola 2

Aluno 5: bola 2

Aluno 6: bola 2

Nesta pergunta direta todos os estudantes escolheram a bola 2. A partir das observações, no momento de comparar a esfera 1 e a esfera 2, escolheram a 2 como sendo a mais compacta. A bola 2 no ensaio de flutuação, conforme apresentado na Narrativa de

Ficção, a bola 2 possui uma capacidade de flutuação menor do que a bola 1, além disso possui maior massa. Pelo fato da pergunta ser direta, os estudantes responderam sem delongas.

A questão 5 explora a capacidade do aluno de fazer a previsão de um modelo a partir de dados científicos. No item o aluno deveria apresentar elementos consistentes para sustentar sua tese. No momento da atividade foi explicado que poderiam fazer desenhos para explicar, se preferissem. A esfera 3, dentre todas foi a que apresentou maior medida de massa, assim como afundou completamente no ensaio de flutuação. A expectativa era de que os estudantes apresentassem argumentos associados a uma maior compactação, alinhamento estrutural das moléculas, escolha de átomos de volume reduzido ou núcleo apresentando alta densidade. Os estudantes também poderiam fazer desenho mostrando, por exemplo, o estado de compactação avançado dessa esfera. A seguir apresentamos os dados coletados.

5) Como você imagina que seja a estrutura da bola 3?
--

Aluno 1: não responde
 Aluno 2: não respondeu
 Aluno 3: é mais densa; não deve ter muito espaço entre os átomos
 Aluno 4: não respondeu.
 Aluno 5: não respondeu
 Aluno 6: não respondeu

Neste item, apenas o aluno 3 apresentou argumento. Menciona que a bola 3 é mais densa e que o espaçamento entre os átomos é pequeno. Os termos técnicos *mais densa* e *espaço entre átomos* são apropriados pelo aluno. Neste item, os demais alunos optaram por não responder à questão. Não responder foi uma opção que deixamos em aberto caso não entendessem a questão ou se não soubessem como apresentar suas respostas.

O quesito 6 investigou a capacidade do aluno em associar propriedades macroscópicas da matéria com as propriedades periódicas dos elementos da tabela. As proficiências exigidas dos alunos foram: 1) reconhecer informações gráficas relativas a tabela periódica; e 2) fazer a concessão entre propriedades macroscópicas dos materiais e sua estrutura atômica. No quesito o aluno deveria reconhecer a propriedade densidade atômica e associar ao material que poderia fazer parte da composição da bola três. Neste quesito, a cena 13 foi usada como referência. Os dados coletados são apresentados a seguir.

6) Observe a tabela ao lado e diga qual átomo pode fazer parte de sua composição.

Aluno 1: obs: assinala átomo do centro da tabela periódica
 Aluno 2: assinala átomo mais ao centro da tabela periódica
 Aluno 3: não responde
 Aluno 4: assinala o átomo do centro da tabela periódica
 Aluno 5: assinala o átomo do centro da tabela
 Aluno 6: não respondeu

O aluno 1 assinala um átomo do centro da tabela periódica como um possível componente da esfera 3. O aluno 2, segue o aluno 1, e também assinala o átomo do centro. O aluno 3 não respondeu esse quesito. O aluno 4 também assinala o átomo do centro, assim como o aluno 5. O aluno 6 optou por não responder. Com efeito, assinalar o átomo do centro significa fazer uma conexão entre a propriedade constatada a partir dos ensaios de medida de massa e flutuação e inferir que o átomo da tabela eventualmente, levando em conta o critério estrutura atômica, poderia fazer parte de sua composição. Nesta questão, 4 dos 6 participantes optaram por escolher o átomo correto. Apenas 2 preferiram não responder à questão.

A questão 7 explorava a habilidade dos alunos em justificar a estrutura interna da bola 3, a partir de modelos de arranjos moleculares. O questionamento solicitou que o estudante inferisse a partir de uma hipótese que o arranjo molecular justifica-se a maior densidade do corpo. Este quesito está associado a cena 13 da Narrativa de Ficção. O aluno teria que optar entre duas caixas e escolher aquele em que apresenta maior densidade. A caixa 1 continha moléculas com ramos laterais. O aluno teria que notar que esses ramos poderiam impedir a aproximação entre as moléculas, inviabilizando uma eficiente compactação. A caixa 2, continha moléculas não ramificadas, estando aptas a uma maior compactação. Seguem os dados coletados:

7) Como deve ser a compactação da bola 3? Assinale a caixa ao lado.

Aluno 1: obs: assinala caixa 2 (ambiente mais compacto)
 Aluno 2: não responde
 Aluno 3: assinala caixa 2
 Aluno 4 assinala a caixa 2
 Aluno 5: assinala caixa 2
 Aluno 6: não respondeu

O aluno 1 assinala a caixa 2. Para ele o ambiente que contém partículas alinhadas, com menos espaços vazios seria o mais denso. O aluno 2 não apresentou solução para o item. O fato interessante é que o aluno conseguiu responder de modo coerente a questão anterior. Ele pontuou que tipo de átomo poderia compor a estrutura da esfera 3. No entanto, ele apresenta um domínio limitado quando se considera a arquitetura de uma molécula e a forma como

interage com outras. O aluno 2 não respondeu ao quesito, os alunos 3, 4 e 5, acompanharam o aluno 1, e optaram pela bola 2. Já o aluno 6 preferiu não responder. Ao optar pela caixa 2 os estudantes mostram que são capazes sobretudo de reconhecer um modelo teórico que justifica propriedades macroscópicas.

O quesito 8 está anexado a cena 14. Nesta questão o aluno teria que propor uma hipótese sobre as características que seriam observadas do ponto de vista macroscópico após a estrutura interna do material ser modificada. Foi uma questão objetiva em que se pedia ao aluno para esclarecer o que aconteceria com a compactação de um material se mais moléculas fossem alocadas no mesmo espaço. Este quesito está associado ao 3º, quando se exige que o aluno domine o conceito de compactação. Na perspectiva deste item a abordagem é dinâmica no intuito de mostrar que a compactação de um material pode ser afetada caso ocorra manutenção do seu volume e acréscimo de massa, ou ainda redução da presença de espaçamentos vazios para acomodar as novas partículas/moléculas adicionadas. Havia três opções de respostas nesta cena: diminui, aumenta e permanece constante. Ainda havia espaço no item para uma possível explicação por parte do aluno. Segue dados coletados.

8) Se mais unidades moleculares forem adicionadas no mesmo espaço o que acontece com sua compactação? Marque a caixa ao lado.

Aluno 1: assinala caixa 2 (imagina que diminui)

Aluno 2: aumenta

Aluno 3: aumenta

Aluno 4: aumenta

Aluno 5: aumenta

Aluno 6: aumenta

O aluno 1 apresentou uma resposta contraditória. Afirmou que a compactação diminui. Na questão 3, quando foi solicitado para que definisse a compactação o aluno fez desenhos de cadeiras alinhadas. Naquele momento ele apresentou um modelo que explicava o que na sua opinião era considerado compacto. Ao assinalar o item 1, o aluno mostra que possui uma definição limitada do termo. Os alunos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam resolução consistente com o fato observado. Interessante notar que na questão 3 o aluno 2 afirmou não entender o significado do termo compactação. Naquela questão foi exigido que o aluno apresentasse uma definição direta do termo. Quando o item “compactação” foi alocado dentro de um contexto o aluno apresentou resposta que mostra um entendimento intuitivo. O aluno três havia apresentado uma definição associada a forma com que os átomos se dispõem em uma

molécula. Ao considerar que o incremento de mais moléculas no mesmo espaço afeta para mais a densidade ele demonstra apresentar um domínio conceitual mais amplo.

A questão 9 explorou a capacidade em fazer uma previsão de propriedade a partir de observações. A proficiência exigida para este item foi: propor hipótese a partir de um dado. No enredo dessa questão o estudante deveria mencionar o que aconteceria com a massa do corpo após a adição de unidades moleculares, levando em consideração a não alteração do volume. Apesar de parecer uma pergunta óbvia o aluno deveria apresentar conhecimento prévio sobre quais elementos compõe uma molécula. Moléculas são formadas por átomos que possuem massa. Esse tipo de enunciado visa também contemplar outras facetas do conceito. Os dados coletados são a seguir apresentados.

9) Mais unidades moleculares do mesmo espaço. O que acontece com a massa, sabendo que o volume é fixo?

Aluno 1: aumenta
 Aluno 2: aumenta
 Aluno 3: aumenta
 Aluno 4: aumenta
 Aluno 5: aumenta
 Aluno 6: não muda

Os alunos 1, 2, 3, 4, e 5 afirmaram de modo coerente que a massa aumenta. O aluno 1, no quesito 8 afirmou que a compactação diminui com o crescimento de partículas. Neste item afirmou que a massa aumenta. Sua posição é de alguém que não alcançou ainda uma compreensão sólida e ampla do conceito. Apesar de ter apresentado resposta consistente na questão 8, o aluno 6, neste quesito, afirmou que o crescimento de unidades moleculares não afeta a massa.

O quesito 10 investigou a capacidade do aluno em conectar a definição de um termo com um fato observado. Foi questionado neste item se a adição de partículas em um mesmo espaço poderia afetar a capacidade de flutuação de um corpo. Evidentemente que o estudante deveria compreender o sentido do termo “flutuação usado”. Doravante, a adição de partículas sem haver alteração de seu volume, afeta a capacidade de flutuação do corpo. Sua densidade relativa frente ao fluido aumenta, logo o corpo perde flutuabilidade. O item 10 é uma questão objetiva e direta. Bastava o aluno responder se afeta ou não a flutuação. Os dados coletados são apresentados a seguir.

10) Isso afeta a flutuação?

Aluno 1: sim
 Aluno 2: sim
 Aluno 3: sim
 Aluno 4: sim
 Aluno 5: sim
 Aluno 6: sim

Todos os estudantes responderam que a adição de moléculas sem alteração no volume afeta a densidade. Até mesmo os alunos 1 e 6 que haviam apresentado resposta contraditória nos itens anteriores conseguiram prever a alteração da flutuabilidade.

A questão 11 foi acompanhada da cena 15. A questão 11 explorou a habilidade do aluno associar a definição do termo densidade com um fato observado. O fato em questão foi a apresentação por meio da Narrativa de Ficção de duas esferas contendo em seu interior igual número de partículas. Na prática as esferas apresentavam, levando em conta esse critério, iguais densidades. No desenho da Narrativa de Ficção os recortes das esferas foram mostrados, e a diferença estava apenas no modo de distribuição das partículas em seu interior. Nesta questão, não se mencionou qualquer informação sobre a composição das partículas que estavam posicionadas na parte interna das esferas. Os dados coletados são apresentados a seguir.

11) Observe o esboço ao lado. Analise as bolas e seus empacotamentos. Quem tem maior densidade?

A) ____

B) ____

DEPENDE, _____(explique)

Aluno 1: depende dos átomos
 Aluno 2: depende da compactação
 Aluno 3: depende da molécula
 Aluno 4: B
 Aluno 5: depende da molécula
 Aluno 6: B

O aluno 1 interpretou as partículas delineadas dentro das esferas como átomos. No enredo, não foi deixado claro qual sua natureza. O aluno 1 então descreve que a densidade pode ser diferente dependendo do tipo de átomo que está compondo essa região. O aluno 2 coloca que a densidade vai depender da compactação. O aluno 3 imagina que as partículas

presentes são moléculas e descreve que a densidade observada vai depender do tipo de molécula. O aluno 4 imagina que a bola 2 seja a mais compacta, no entanto não apresenta argumentos para sustentar sua tese. O aluno 6, acompanha o aluno 4. Já o aluno 5 apresenta resposta semelhante a do aluno 3 e declara que a densidade vai depender do tipo de molécula que está sendo distribuída na região interna das esferas.

O quesito 12 pode ser associado a cena 18. Nesta cena o personagem e o homem formiga têm seu tamanho reduzido e mergulham no interior de líquidos de diferentes densidade. Analisam o tipo de átomo e molécula que compõem cada líquido e associam as suas propriedades macroscópicas. No quesito 12, apresenta-se uma situação onde os líquidos são misturados. Há formação de mistura heterogênea, bifásica. O líquido 2, após a mistura fica posicionado na fase interior do sistema. O líquido 2 seria o de maior densidade. Os alunos foram solicitados a explicar por que o líquido 2 fica na parte de baixo. O aluno deveria apresentar uma hipótese e sustentar fazendo uso de modelos teóricos. A sustentação da tese deveria fazer uso de palavras e expressões técnicas que revelassem incorporação da linguagem científica. As respostas são apresentadas.

12) Quando são misturados os líquidos 1 e 2, o líquido 2 fica em baixo. Explique por quê.

Aluno 1: Porque o líquido 2, porque é mais densa e átomos mais juntos.

Aluno 2: por que é mais densa

Aluno 3: porque tem menos espaço entre os átomos. Ele é mais denso

Aluno 4: não respondeu

Aluno 5: porque tem mais moléculas e átomos e sua estrutura interna

Aluno 6: porque ele tem menos massa e menos densidade

O aluno 1 argumenta que o líquido 2 é mais denso e possui átomos mais juntos. É verdade que a densidade é a propriedade associada ao fato. A relação átomos mais próximos e densidade também é mencionada pelo aluno. As expressões “mais denso” e “átomos mais juntos” são incorporadas no seu repertório discursivo para justificar o fato. O aluno 2 menciona apenas o fator densidade. O aluno 3 apresenta um contexto onde há no líquido 2 menor espaçamento entre os átomos. Ele também usa o termo densidade para sustentar o posicionamento dos líquidos. Os itens lexicais “espaço entre átomos” e “mais denso” são incorporados no seu discurso. O aluno 4 preferiu deixar este quesito em branco. O aluno 5 fala sobre maior quantidade de átomos e moléculas em sua estrutura interna, quando comparado ao líquido 1, incorporando os itens lexicais “estrutura interna”, “átomos e moléculas”, e o aluno 6 apresentou resposta equivocada.

Na questão 13 pede-se para o aluno comparar iguais volumes de líquidos e dizer qual é mais leve (ou que possui menor massa). A expectativa era de que os estudantes optassem pelo líquido 1. Nesta questão, o aluno deveria interpretar a estrutura interna a parte do ensaio de flutuação e propor uma hipótese sobre a massa presente. São transcritas a seguir as respostas apresentadas pelos alunos.

13) Para o mesmo volume de cada líquido, qual o mais leve?

Aluno 1: não respondeu
 Aluno 2: não respondeu
 Aluno 3: líquido 2 é mais pesado.
 Aluno 4: líquido 2
 Aluno 5: não respondeu
 Aluno 6: não respondeu

Nesta questão, 4 dos 6 alunos optaram por não apresentar resposta. Os alunos 1, 2, 5 e 6 não responderam ao item. O aluno 3, mencionou que a mais pesado era o líquido 2. Consequentemente, o líquido 1 seria o mais leve. O aluno 4, apresentou resposta equivocada quando declarou que o líquido 2 seria o mais leve.

A questão 14 pediu para os alunos explicarem a origem da densidade. É uma questão que exigia do aluno uma proficiência em argumentar sobre um fato fazendo uso de modelos de acesso indireto. A dificuldade em afundar no líquido 2 se deve a forma com que o líquido é estruturado. Isso depende: do tipo de átomo constituinte, natureza das cadeias moleculares, interação intermoleculares, entre outros fatores. Os dados coletados são apresentados a seguir.

14) Porque é tão difícil afundar no líquido 2?

Aluno 1: Por causa de sua densidade
 Aluno 2: não respondeu
 Aluno 3: porque ele é mais denso
 Aluno 4: por causa da densidade dos átomos é maior. Por conta da sua densidade e as formas que os átomos estão organizados nas moléculas
 Aluno 5: porque tem mais moléculas e átomos e sua estrutura interna (mesma resposta de item anterior)
 Aluno 6: não respondeu

O aluno 1 se limitou a mencionar a densidade como fator responsável pela dificuldade em afundar neste ambiente. O aluno 2 não respondeu. O aluno 3 também citou o fator densidade, e se restringiu a ele. O aluno 4 não se limitou a densidade do líquido como um todo, mais associou a densidade dos átomos constituintes e sua organização. Os termos

léxicos: “densidade dos átomos” e “organização das moléculas” foi incorporado no seu discurso. O aluno 5 mencionou que o líquido 2 tem mais moléculas, átomos e também devido a sua estrutura anterior. Os termos lexicais “moléculas”, “átomos” e “estrutura interna fez parte do seu discurso”. O aluno 6 optou por não responder.

O quesito 15 teve como suporte a cena 20. A cena 20 trouxe duas caixas contendo igual número de partículas em seu interior. A diferença estava no tamanho das caixas. O espaço interno da caixa 2 equivale ao dobro do espaço interno da caixa 1. Para resolver esse item o aluno primeiro teria que entender a definição de compactação. No contexto apresentado bastava compreender a compactação enquanto distribuição de massa por determinado espaço, seja numa linha, área ou reta. As caixas continham legendas que ajudava os alunos no seu processo de decisão. Neste sentido, levando em conta a distribuição das partículas, a caixa 1 estava mais compacta do que a caixa 2. As respostas obtidas são apresentadas a seguir.

15) Onde temos maior compactação? Observe as caixas ao lado para responder.

Aluno 1: ambiente 1
 Aluno 2: ambiente 2
 Aluno 3: não responde
 Aluno 4: ambiente 1
 Aluno 5: no ambiente 2
 Aluno 6: ambiente 1

Os alunos se dividiram neste quesito. Os alunos 1, 4 e 6 consideraram de modo coerente que a caixa 1 seria a de maior compactação. Os alunos 2 e 5 apresentaram uma concepção equivocada do termo. Consideraram a caixa 2 como sendo a relacionada ao ambiente mais compacto. A dificuldade encontrada pelos alunos pode estar associada a uma dificuldade para observar a escala que foi apresentada na forma de legenda. Talvez a escolha tenha sido de modo arbitrário. O aluno 3 preferiu não se posicionar.

O quesito 16 exigiu do aluno a habilidade de prever as propriedades do material a partir da modificação de uma variável, enquanto outro permanece fixa. Esse quesito difere do quesito 9 pois lá se questionava o que aconteceria com a massa, após a adição de mais partículas, levando em conta que o volume era fixo. No quesito 16, a seguir, a massa foi que permaneceu fixa, enquanto o volume variou. Esse quesito exigiu do aluno a proficiência em propor hipóteses para prever a propriedade futura a partir da modificação do volume do corpo. Os dados coletados são transcritos a seguir.

16) A massa das bolas é a mesma e de valor fixa. Quando aumenta o volume, o que acontece com a compactação das bolas?

Aluno 1: diminui

Aluno 2: compactação diminui

Aluno 3: não responde

Aluno 4: a compactação diminui

Aluno 5: diminui

Aluno 6: diminui

Neste item, praticamente todos estudantes apresentam concepções coerentes. Com efeito, o aumento do volume contribui para que as partículas que compõem a estrutura interna possam se afastar umas das outras, e isso faz reduzir a compactação. Com efeito, os estudantes poderia assumir outra posição, que se justificada também poderia estar coerente. Por exemplo, imagine que ocorra aumento do volume e que as bolas mesmo assim permaneçam juntas (o aumento do volume não implica consequentemente rearranjo da estrutura interna). Neste caso, a compactação poderia se manter em vez de diminuir. Para o quesito 16, apenas o aluno 3 optou por não responder.

No quesito 17 foi questionado aos estudantes os fatores que poderiam afetar a compactação. Neste item, era necessário que o aluno compreendesse o significado do termo compactação. Ele deveria elencar fatores. A esta altura da atividade se esperava que o aluno pontuasse aos menos 2 ou 3 fatores que explicam a compactação, por exemplo: fator arranjo molecular unitário, organização das partículas em determinado volume, forças de atração ou repulsão intermoleculares e estado físico. Embora já tivesse estudado esses fatores durante a explanação do professor, e até observassem como estando presentes ao longo da Narrativa de Ficção, nenhum aluno optou por apresentar argumento.

17) Do que depende a compactação?

Assim como a questão anterior, o item 18 também pediu para o aluno explicar elencando fatores porque a bola 1 flutuava e a 3 não. Esse item exigiu do aluno proficiência para usar um modelo, neste caso baseado na composição interna da esfera para explicar a diferença nas propriedades. As respostas apresentadas pelos estudantes estão apresentadas a seguir:

18) Porque a bola 1 flutua e 3 afunda?
--

Aluno 1: não respondeu
 Aluno 2: por causa de sua densidade menor
 Aluno 3: por que 1 é menos denso
 Aluno 4: por causa da compactação
 Aluno 5: não respondeu
 Aluno 6: não respondeu

Para esta questão os alunos 1, 5 e 6 optaram por não responder. O aluno 2 citou o fator densidade. Para ele a bola 1 flutua porque é menos densa do que a 3. O aluno 3 seguiu a concepção do aluno 2, e também citou o fator densidade. A densidade é uma propriedade intensiva da matéria e afeta a flutuabilidade de um corpo. Com efeito, a bola 1 flutua não só porque é menos densa do que a bola 3, mas é porque sua densidade é inferior a do líquido onde é inserida. O aluno 4 apresenta um raciocínio mais aprofundado. Cita o fator compactação. Ao que parece liga a compacta.

O quesito 19 solicitou que o aluno assinalasse qual esfera apresentava maior densidade. Foi uma questão direta. Bastava o aluno acompanhar o enredo escolher a bola 3. Ao longo do questionário vários fatores sugeriram a maior densidade da bola 3, como sua massa, e capacidade de flutuação. Também foi exigido que os estudantes traçassem uma hipótese como forma de prever sua estrutura interna.

19) Qual estrutura possui maior densidade? Responda na figura.
--

Aluno 1: não respondeu
 Aluno 2: bola 3
 Aluno 3: bola 3
 Aluno 4: bola 3
 Aluno 5: não respondeu
 Aluno 6: não respondeu

Neste item, os alunos 1, 5 e 6 não responderam. Os alunos 2, 3 e 4 apresentaram resposta consistente. Interessante nota que os alunos 5 e 6 deixaram em branco também a questão anterior. No quesito 16 por exemplo esses estudantes conseguiram prever de que forma a massa e o volume afeta a compactação das partículas. Na questão 14, foi solicitado que os estudantes explicassem o que poderia afetar a flutuabilidade. O aluno 5 mostrou uma resposta consistente, citando até o fator estrutura interna do material. Já o aluno 6 não respondeu aquele item. Esse dado revela que os estudantes apenas conseguiram atingir uma

concepção limitada das múltiplas facetas do conceito de densidade. Ora o estudante fica fixado em um fato, ora opta por não se posicionar.

A questão 20 pediu para os estudantes elencarem, após tudo o que foi visto, os fatores que afetam a densidade. Nesta questão se explorava a proficiência dos alunos em elencar propriedades que juntas afetassem de modo holístico uma outra propriedade, no caso a densidade. A lista de fatores que afetavam a densidade estava presente na cena 22, bastante ao aluno assinalar os que considerasse relevantes.

20) Assinale os itens que afetam a densidade.

Aluno 1: não respondeu

Aluno 2: volume, massa, tipo de átomo

Aluno 3: massa, tipo de átomo

Aluno 4: arranjo molecular

Aluno 5: não respondeu

Aluno 6: massa, volume

Nesta questão o aluno 1 opta por não responder. O aluno 2 elenca o volume a massa, e o tipo de átomo que compõe o material. O aluno 3 destaca a massa e o tipo de átomo. O aluno 4 cita apenas o arranjo molecular. O aluno 5 não apresenta solução. O aluno 6 lista a massa e o volume.

Nesta questão se esperava que os estudantes elencassem todos os fatores. Porém sempre se restringiram a 2 ou no máximo 3. Interessante notar que para a maioria dos alunos a massa é um fator sempre presente quando se fala em densidade dos corpos. Essa fixação talvez justifique a confusão que é feita entre peso e densidade. Os alunos 2, 3 e 4 apresentam uma concepção que se descola da ideia matemática que atrela a densidade a apenas a massa e o volume.

Esses dados coletados foram dialogados com a literatura. O resultado desse diálogo será apresentado a seguir na forma de implicações para a prática. Antes de apresentá-las gostaria de destacar que uma das vantagens da Narrativa de Ficção usada neste trabalho foi de apresentar ao aluno diferentes cenários, onde diferentes facetas do conceito pudessem ser abordadas. No enredo, o aluno viajou por ambiente onde expandiu seu repertório de domínio do tema para além da relação massa e volume. Fatores estéricos, de composição atômica, a arquitetura molecular, além das interações foram narrados na forma de história. Apesar de ainda verificarmos lacunas de aprendizagem, essas naturalmente estão associadas a fixação do aluno em alguma cena que o impactou. O viés de confirmação também restringe o repertório

conceitual do aluno. Esse foi um estudo isolado e com novas aplicações da Narrativa de Ficção usada neste trabalho os alunos poderão contemplar outras facetas do conceito estudado.

4.4 - IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

A densidade parece ser um conceito simples quando associada a relação entre massa e volume. Do ponto de vista histórico, o conceito é recente e remonta a Leonhard Euler, o matemático e físico suíço que viveu no século XVIII. Com efeito, Arquimedes implicitamente usou o conceito de gravidade específica, como sendo um equivalente da densidade. No entanto, a ideia antiga de densidade não associa a propriedade a quantidade de matéria (HASHWEH, 2015).

O presente estudo foi realizado no mês de setembro. Os estudantes já haviam assistido abordagens sobre o conceito de densidade. O livro didático da escola traz um enredo em que a densidade é apresentada por meio de experimentos de flutuação e medidas de massa. Na escola básica, o conteúdo é visto logo no primeiro semestre, antes mesmo do aluno ter qualquer contato com teorias atômicas e modelos moleculares, o que limita a amplitude da abordagem. Esse tipo de abordagem, no entanto, vai ao encontro do que ocorre mundo afora (KOHN, 1993; KOHN & LANDAU, 1987).

No estudo que realizamos, os alunos tiveram contato com o conceito de densidade por meio de um recurso figurativo. Apesar do apelo pelo recurso, parte dos contextos explorados já são de conhecimento dos alunos. Por exemplo: medidas de massas diferentes em corpos de mesmo tamanho e ensaios de flutuação. Apesar de corriqueiras, essas apresentações trouxeram novos elementos. No que tange as medidas de massa, aspectos moleculares e atômicos foram explorados. Quando do uso de ensaio de flutuação, ficou claro para os estudantes que nos ensaios de flutuabilidade a abstração do conceito se acentua pois nesse caso não se considera apenas a densidade do material, mas a relação entre as densidades de fluidos diferentes, desencadeando o surgimento do conceito de densidade relativa. As situações postas de exploração microscópica da matéria é o principal ganho que nosso recurso trouxe.

Estudos como esse, que ampliam o repertório de acessibilidade conceitual, têm sido aplicados pelos professores. Em 2015, o professor M. Z. Hashweh publicou um artigo sobre o assunto no *Journal Research in Science & Technological Education*. O autor (HASHWEH, 2015) realizou um estudo exploratório apresentando múltiplas representações e analogias. O trabalho foi desenvolvido com alunos da Cisjordânia, na Palestina. Os resultados mostraram ganhos moderados de aprendizagem. O pesquisador argumentou que os alunos que já

apresentavam conhecimentos básicos sobre o assunto conseguiram avançar mais do que aqueles que não dominavam conceitos associados. Os fracos resultados encontrados na literatura sobre o domínio na natureza particular da matéria como sendo um requisito para compreender a densidade tem respaldo em alguns estudos.

Em um estudo realizado por Xu & Clark (2011) na Austrália, com alunos do 7º ano, os autores mostram para alunos blocos de chumbo e alumínio de mesmo tamanho. O bloco de chumbo possui maior massa. A ideia é mostrar que para medir a densidade o volume não importa (neste contexto) mas sim a massa medida. Na discussão do paper publicado no *Journal Research in Science Education* os autores exploram o significado na expressão m/V por meio de questionamentos aos estudantes. Essa definição de densidade é macroscópica. Os autores então mergulham em aspectos microscópicos e declaram que o tipo de partícula presente na composição é um importante fator de densidade. Apesar do estudo de Xu & Clark (2011) trazer uma rica descrição sobre fatores microscópicos, esses são apenas imaginados pelos alunos. Nosso estudo avança pois o aluno fica diante de modelos abstratos familiares ao seu repertório cultural. Xu & Clark (2011) concluem seu artigo declarando que apesar dos esforços a linguagem usada é um empecilho pois os estudantes adquiriram uma compreensão ambígua sobre o tema. De fato, os equívocos conceituais constatados pelos autores podem ser explicados pela fragilidade dos alunos em imaginar entidades abstratas e impopulares devido a uma falta de sustentação figurativa e também ao uso demasiado de termos técnicos, sem sentido para os estudantes.

Em nosso estudo enfatizamos a sustentação figurativa e, apesar de introduzir núcleos conceituais de forma segmentada, encontramos um domínio de estrutura linguística relativamente satisfatória após o estudo. Vejamos o que foi apresentado, por exemplo, pelos alunos 1 e 2, respectivamente: O aluno 1 associou a densidade a estrutura atômica dos materiais e justificou seu valor por meio da quantidade de matéria. A existência de espaços vazios, segundo ele, também é importante para construção da propriedade. O aluno 1 apresenta desenhos que sugerem estado de alta compactação e é capaz de prever a estrutura interna de um material a partir de dados de sua densidade. O aluno 1, entretanto, apesar de dominar aspectos importantes do tema, não foi capaz no final de elencar e isolar os fatores de uma lista que afetam a densidade. O aluno 2 entende a densidade como estando ligada a união das moléculas e estrutura atômica. No entanto não conseguiu definir o termo compactação, mas dentro de um contexto conseguiu prever o que é mais compacto é mais denso. Apesar de entender aspectos microscópicos do tema, e ligar a densidade a estrutura atômica e molecular, ser capaz de prever arranjos foi uma dificuldade encontrada pelo estudante. Nos exercícios de

elencar fatores de densidade, ele aponta o volume, a massa e o tipo de átomo que faz parte da composição do material.

Ao analisar com cautela o discurso apresentado durante a resolução dos itens por esses dois alunos, pode-se chegar a conclusão de que o que apresentam como resposta é de certo modo satisfatório, porém nebuloso. Como um aluno é capaz de prever a estrutura interna de um material a partir de dados de compactação e se abstém de apresentar, a partir de uma lista, os fatores elencados que contribuem para a propriedade estudada? Já o aluno 2, associou satisfatoriamente a densidade a aspectos atômicos-moleculares, mas não conseguiu a partir de dados observáveis prever a estrutura interna de um material. Além disso, o aluno 2 conseguiu elencar fatores que afetam a densidade, a partir de uma lista, também foi capaz de prever que aquilo que é mais compacto é mais denso, porém ser capaz de definir o termo compactação foi uma habilidade que ele não conseguiu desenvolver plenamente. No horizonte da química talvez esses dados apresentem inconsistência, sejam contraditórios ou mostrem um domínio conceitual fugaz. Todavia, no campo da linguagem funcional da química as construções sintáticas apresentadas pelos estudantes são, dentro de suas limitações, coerentes.

Segundo Halliday (1993), durante o processo de aprendizagem e desenvolvimento linguístico o aluno perpassa por diferentes fases de desenvolvimento. Durante a fase de percepção aleatória de símbolos o aluno apenas reconhece que existem itens isolados que podem ser associados ao tema. Ao fazer conexão entre os itens ele inicia o processo de teorização conceitual de um termo, em um estágio chamado pelo autor de protolinguagem. Ao avançar em sua compreensão, alcança a função imaginativa, e neste grau já é capaz de criar modelos e metáforas. Ao ter acesso aos conhecimentos apresentados pelo professor o aluno transita entre a admissão de termos cunhados e uso generalizado.

A aprendizagem surge exatamente no momento em que o aluno é capaz de expandir o significado potencial de um termo. Para Halliday (1993) os estudantes conseguem atender uma demanda semiótica mesmo havendo lacunas entre atos de significado. No estudo apresentado, o entendimento de facetas do conteúdo é mesclado com lacunas de compreensão e, apesar disso, ainda é possível considerar que parte do assunto foi compreendido pelos estudantes de modo satisfatório. Com efeito, devido ao uso da Narrativa de Ficção, conceitos de alta densidade de significado foram deslocados para uma seara mais dependente de contexto e de baixa gravidade teórica, isso favoreceu a compreensão. Ao se posicionar diante de quesitos, o estudante é solicitado a fazer reconexão entre os termos e desse processo extrair significado. Há habilidade de compreender uma desconexão teórica, observar aspectos isolados, e reconectá-los no intuito de desenvolver sua protolinguagem e alcançar a micro

função imaginativa não é uma tarefa trivial. No estudo apresentado, apesar das suas limitações, os alunos conseguiram avançar em compreensão. Ainda outros fatores, além do uso isolado da Narrativa de Ficção, podem afetar a compreensão do assunto.

Com efeito, a linguagem usada por um professor durante a explanação de um conteúdo é tipicamente organizada em padrões que diferem na linguagem falada informal. O processo de captação da fala do professor pelo aluno é carregado de variáveis que afetam sua tradução. As escolhas lexicais e gramaticais, a substantivação, o uso de verbos e estruturas sintáticas típicas da linguagem acadêmica, os contextos aos quais os alunos estão inseridos, são barreiras que são enfrentadas durante o processo de interpretação de significados através da linguagem. Durante a sustentação oral de um conteúdo, por exemplo, é comum o professor construir significados a medida que o texto progride, sem necessariamente haver co-construção pelo interlocutor, o aluno. O professor controla o fluxo de informações, repetindo e enfatizando sempre que necessário o que julga relevante, ou introduz detalhes quando considera necessário. A escolha de termos lexicais específicos e típicos da área também é uma variável que não é controlada pelo interlocutor. Dentro das escolhas lexicais o uso de termos técnicos e abstratos é o que caracteriza a construção conceitual da ciência.

Diante desse cenário, é possível que o aluno compreenda certos núcleos conceituais e apresente dificuldade noutros. Durante a escuta pode devagar no seu imaginário na ânsia de construir interpretações idiossincráticas do que está recebendo como informações. Pode atribuir relevância a pontos irrelevantes dentro da expectativa do professor, o que também justifica as lacunas de aprendizagem constatadas. A construção sintática dos conceitos pelos alunos não tem como ser linear. Apesar disso, a dificuldade de entender o texto do professor na forma de discurso, ou até mesmo, textos escritos ou tons que emergem a partir de recursos figurativos tem preocupado professores há alguns anos.

Em 2012, Willis e Ohashi realizaram estudo investigativo sobre as variáveis que afetam a aprendizagem e retenção de palavras. A pesquisa foi realizada com 69 estudantes da cidade de Tokio no Japão. As variáveis testadas foram comprimento das palavras, conhecimento de cognatos e frequência de uso no discurso. Nos seus achados, os autores notaram que o principal fator que dificulta a retenção e aprendizagem é o uso de cognatos desconhecidos. O uso de palavras longas, de escrita complexa, é o fator menos relevante para retenção. Os autores pontuam que mesmo usando o recurso da repetição de palavras com a progressão do discurso, se o aluno não entender o cognato como item isolado, sua posição dentro do contexto vai afetar a compreensão do contexto, não o contrário.

Em 2016, Abel publicou um estudo no *Journal Chemistry Education Research and Practice* em que investigou o papel dos gestos como recurso discursivo numa sala de aula de Química. O estudo foi realizado na Áustria com alunos da escola secundária a partir de observações gravadas em vídeo de um professor. O assunto central foi atomística. O autor destaca que esse tipo de expressão enquanto discurso deve ser feito com as devidas precauções. No âmbito do ensino de Química sugestões podem ser usadas para lastrear um conceito abstrato. Doravante, esse tipo de gesticulação não é institucionalizada, como o ato de apontar com o indicador para alguém, elevar as mãos e posicionar o polegar para cima como forma de dizer “ok”, ou elevar o indicador para cima e movimenta-lo para direito e esquerda como negativa. Os gestos usados numa sala de aula de química quase sempre não são familiares. Sim, quando usados provocam maior envolvimento, mas devem ser usados com cuidado para não provocar equívocos.

Durante a abordagem de sala de aula o professor realizou a exposição do conteúdo de modo tradicional. Notas foram tomadas na lousa, desenhos delineados e houve gesticulação para assessorar a comunicação. A Narrativa de Ficção na forma de recurso figurativo foi usada como coluna para a partir da ficção para acessar de modo tácito aspectos microscópicos importantes para compreensão da propriedade. Ainda que os alunos, de modo geral, não tenham alcançado plenamente a capacidade de realizar construções sintáticas concisas, o fato de ser capaz de elencar, prever estruturas, reter ideias do mundo micro envolvendo átomos e sua estrutura, moléculas e sua arquitetura e o semblante morfológico-estrutural da matéria, mostra que usar Narrativas Ficção traz ganhos de aprendizagem para os estudantes.

O produto didático apresentado neste trabalho permitiu que o estudante navegasse pelas múltiplas facetas que o conteúdo densidade apresenta. A Narrativa de Ficção permitiu relacionar a densidade a quantidade de partículas que um corpo acomoda; relacionar a propriedade com a proximidades dessas partículas e sua natureza; a narrativa envolveu uma abordagem baseada também na flutuabilidade; além, claro, de permitir a abordagem tradicional a partir da relação entre massa e volume. Cada uma dessas facetas constitui um diferente perfil conceitual que o aluno pode desenvolver, o objetivo do estudo não foi forçar o aluno a desenvolver e adquirir uma excelente performance em todos, mas, 1º) trazer um novo recurso didático para o ensino de química e, 2º) implementa-lo em sala de aula e analisar suas possibilidades enquanto objetivo didático.

Evidentemente, a narrativa apresentada neste manuscrito pode ser aperfeiçoada para incluir outros aspectos. Por exemplo, um cenário no qual um plano cartesiano massa x volume não foi explorado, como aconteceu no estudo de L. Bosman, F. Lazzeri & J. Legitimo (2007).

A inclinação da curva pode trazer informações relevantes sobre a composição do material. Ensaaios de fluatibilidade reais podem ser usados pelos alunos, como forma de encenar o que está sendo apresentado pela narrativa e interação dos personagens. Neste sentido, à medida que os ensaios são realizados os alunos podem explicar as observações, assim como ocorreu no estudo realizado por Thomas S. Kuntzleman (2015). Essas são apenas algumas sugestões de continuação desse trabalho. Os estudos sempre devem ser guiados pelos professores para que os equívocos constatados no passado não se reproduzam como, por exemplo, a confusão entre o conceito de peso e densidade que muitos acreditam que significam a mesma coisa.

CAPÍTULO 5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do discurso científico está atrelado ao domínio de sua linguagem. A linguagem é o meio pelo qual os humanos negociam, constroem, organizam e reconstróem significados a partir da experiência. As escolhas linguísticas adotadas contribuem de maneira sistemática para apreciação das experiências. A linguagem enquanto veículo de comunicação da experiência humana é um agente modelador e representa em si, conforme pontua Halliday, (1993) metáforas concretas da realidade.

As escolhas de itens léxico-gramaticais específicos é capaz de envolver ou repelir oradores, escritores e interlocutores. Textos falados ou transcritos apresentam diferentes características linguísticas e realizam diferentes funções sociais. A ciência é uma forma de cultura que apresenta seus próprios credos, linguagem, práticas materiais, percepções, teorias e crenças. De acordo com Roth e Lawless (2002), central para o desenvolvimento dessa cultura é estabelecimento e desenvolvimento de sua linguagem. Para Halliday (1993) a maneira circunscrita de investigar o mundo físico é o que justifica a linguagem científica como uma variante linguística que possui estrutura típica bem definida que é apta para estruturar hipóteses, escrever teorias, explicar modelos e traduzir achados. A teorização de fatos concretos em entidades abstratas permite que estes sejam analisados e criticados ou modelados na forma de sistema.

Diferente da linguagem espontânea do cotidiano, que é funcional para interpretar o conhecimento de senso comum e que é vivenciada naturalmente pelos sujeitos, a linguagem da ciência se manifesta em ambiente controlado ou isolado do contexto. O aluno não se desenvolve imerso em um ambiente científico e que faz uso de seu discurso. Pelo contrário, a linguagem da ciência para ele constitui um idioma novo, que na maioria das vezes é imposto de modo artificial e desvinculado de experiências. Ao se levar em conta que a linguagem emana da experiência, sem esta dificilmente aquela vai se desenvolver. Isso justifica porque mesmo depois de anos escolares o estudante dificilmente domina a linguagem da ciência e seus jargões.

No discurso cotidiano as narrativas é o tipo de enunciação mais comum. Nesse tipo de discurso geralmente se conta uma história por meio da enumeração de fatos e personagens são apresentados como protagonistas. Usar narrativas como veículo da linguagem no ensino de Química é ir ao encontro do que é familiar para o estudante. De modo geral, o público não familiar com a ciência tradicionalmente obtém a maioria das informações por meio da mídia de massa, como tv. As reportagens dos jornais, os seriados da Netflix e as novelas, são formas

de narrativas consumidas pelo público em geral diariamente. A Narrativa de ficção adotada neste trabalho mescla a do tipo heroica e de descoberta. Heroico porque narra aventuras do homem formiga, um herói no imaginário dos estudantes, e de descoberta porque as observações levam os personagens da narrativa a descobrir fatos novos a partir de dados.

Neste trabalho, usamos uma Narrativa de Ficção cujo enredo teve como pano de fundo um conceito da química. Os fatos desencadeados ao longo das cenas foram usados para explorar o tema densidade nos mais variados formatos. A apresentação de imagens permitiu aos estudantes formular hipóteses, perceber padrões conceituais, e adquirir uma compreensão mais plausível e aprofundada do conteúdo. A situação vivenciada na Narrativa de Ficção constituiu a experiência necessária para que o discurso científico fosse desenvolvido como elemento crucial para entender e expressar os fenômenos.

Existem várias possibilidades de continuação deste trabalho além dos já citados:

- 1) Investigar de que modo as escolhas linguísticas adotadas pelo professor afeta a compreensão dos estudantes
- 2) Realizar análise léxico-gramatical dos textos construídos pelos alunos
- 3) Analisar densidade textual do discurso do professor e níveis de retenção
- 4) Investigar a tecnicidade do discurso dos alunos após a instrução
- 5) Analisar quais aspectos de cada episódio são mais salientes para os estudantes

O objetivo do trabalho principal foi construir o recurso didático e aplicá-lo no ensino. Esse foi atingido com êxito. Essa foi apenas uma pesquisa introdutória sobre o papel da linguagem funcional no ensino de química articulada com o uso de recursos figurativos. Concluímos afirmado que os estudantes não podem ficar a mercê de uma linguagem técnica imposta e que se constitui como barreira cognitiva. O uso de recursos figurativos é uma ferramenta que dar acesso ao conhecimento químico mais elaborado. Guia o aluno. Democratiza o ensino de Química. Uma vez, ouvi um professor de curso de licenciatura declarar que o aluno quando ingressa na Universidade, chega como terra rasada e improdutiva. Na verdade, discordo dessa afirmação. O estudante, em qualquer nível, chega à escola ou à universidade, já com um repertório cultural vasto que adquiriu ao longo dos anos por meio de sua experiência. O problema é que as vezes o professor não se interessa em entender essa prévia experiência do aluno no sentido de criar cenários que sejam relevantes para ele e que assim possa desenvolver sua linguagem acadêmica. No caso específico do nosso trabalho, usamos desenhos e exploramos uma narrativa que mesmo contando uma aventura científica mostrou-se relevante para os alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, P. A. Relational thinking and relational reasoning: harnessing the power of patterning. *npj Science of Learning* **1**, Article number: 16004. 2016.
- ALMUNTASHERI, S.; GILLIES, R. M.; WRIGHT, T. The Effectiveness of a Guided Inquiry-based, Teachers' Professional Development Programme on Saudi Students' Understanding of Density. *Science Education International*, v.. 27, n. 1, 16-39, 2016.
- ARAÚJO, R. S.; MALHEIRO, J. M. S.; TEIXEIRA, O. P. B.; Uma Análise das Analogias e Metáforas Utilizadas por um Professor de Química Durante uma Aula de Isomeria Óptica. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 19-26, 2015.
- AVRAAMIDOU, L.; OSBONE, J. The Role of Narrative in Communicating Science. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 12, 2009.
- BANISTER, F.; RYAN, C. Developing science concepts through story-telling. *School Science Review*, v. 302, n. 83, p. 75 - 83, 2001.
- BRADLEY, J. D.; STEENBERG, E. Symbolic language in chemistry – a new look at an old problem. *Proc 19th ICCE*, Seoul, p. 140. 2006.
- BRANKS, D. On the historical origins of nominalized process in scientific text. *English for Specific Purposes*, v. 24, n. 3, p. 347 – 357. 2005.
- BROOKES, D. T.; ETKINA, E. Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 3, n. 1, 2007. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.3.010105.
- BROMAN, K.; EKBORG, M.; JOHNELS, D. Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *NORDINA*, v. 7, n. 1, p. 43 - 60. 2011.
- CHILDS, P.; MARKIC, S. Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 17, n. 3, p. 434 - 438, 2016.
- COËGNARTS, M., Cinema and the embodied mind: metaphor and simulation in understanding meaning in films. *PALGRAVE COMMUNICATIONS* | v. 3, 2017. DOI: 10.1057/palcomms.2017.67.
- COMPAGNONE, A. “The Reconceptualization of Academic Discourse as a Professional Practice in the Digital Age: A Critical Genre Analysis of TED Talks.” *Journal of Language and Communication in Business*, v. 54, p. 49 - 69, 2015.
- DAHLSTROM, M. F. **Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(Supplement_4), p. 13614-13620, (2014). DOI: <http://doi.org/10.1073/pnas.1320645111>

DANIELSON, K., Modes and meaning in the classroom – The role of different semiotic resources to convey meaning in science classrooms. **Linguistics and Education**, v. 35, p. 88-99, 2016

DEWITT, T. Hey science teachers -- make it fun. **TEDxBeaconStreet**, 2013. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/tyler_dewitt_hey_science_teachers_make_it_fun?language=pt-br>. Acesso em 15 de maio de 2019.

DI CARLO, G. S., Figurative Language in Science Popularisation: Similes as an Explanatory Strategy in TED Talks. 3L: **The Southeast Asian Journal of English Language Studies**, v. 20, n. 3, p. 1-16, 2014.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7. p. 5-12, 1994.

DUNLOSKY, J.; RAWSON, K. A.; MARSH, E. J.; NATHAN, M. J.; WILLINGHAM, D. T. Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. **Psychological Science in the Public Interest**, v. 14, p. 4 - 58. 2013. doi:10.1177/1529100612453266.

DUTTAA, R.; JANA, B.; MAJUMDER, M., Exploring the semantic organization of Bangla words in the mental lexicon. **7th International Conference on Advances in Computing & Communications**, ICACC-2017, Cochin, India, p. 22-24, 2017.

FRANÇA, J. L. S.; MALHEIRO, J. M. S. Ensinando densidade por problemas e experimentos: será que afunda ou não afunda? **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

FRANG, Z., Scientific Literacy: A Systemic Functional. **Linguistics Perspective**. v. 89, n. 2, p. 335 - 347, 2005.

FISCHHOFF, B. The sciences of science communication. **PNAS**. v. 110, n. 3. p. 14033 - 14039, 2013.

FERRARI, A. L.; ROBAERT, S., Construindo conceitos sobre densidade através da experimentação sobre uma perspectiva investigativa. **Encontro de Debates no Ensino de Química**, 2017.

FOLINO, D. A. Stories and Anecdotes in the Chemistry Classroom. **J. Chem. Educ.** v. 78, n. 12, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed078p1615>

GEE, J. P., Situated Language and Learning: A critique of traditional schooling, **Taylor & Francis or Routledge's collection of thousands of eBooks**, p. 130, 2004.

GENTNER, D.; MARLANAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, p. 45 - 56, 1997.

GENTNER, D.; BOWDLE, D. F. Convention, Form, and Figurative Language Processing. **Metaphor and Simbol**, v. 16. p. 223 - 247, 2001.

GILBERT, J. K. The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 11, n.1, p.1, 2010.

GIORA, R. Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. **Cognitive Linguistics**, v. 8, n. 3, p. 183-206, 1997.

GHOSH, D. C.; BISWAS, R.; Theoretical Calculation of Absolute Radii of Atoms and Ions. Part 1. The Atomic Radii. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 3, p. 87 - 113, 2002.

GOSTOMSKI, E. et. al., Effective Science Communication. **Proceedings of the 2011. George Wright Society Conference on Parks, Protected Areas, and Cultural Sites**. p. 119 - 123. 2011. Disponível em: <<http://www.georgewright.org/1123gostomski.pdf>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2019.

GYLLENPALM, J.; WICKMAN, P. O.; HOLMGREN, S. O. Teachers' Language on Scientific Inquiry: Methods of teaching or methods of inquiry? **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 9, p. 1151-1172, 2009 . DOI: 10.1080/09500690902977457.

HALLIDAY, M. A. K. Towards a language-based theory of learning, **Linguistics and Education**, v. 5, p. 93 - 116, 1993.

HALLIDAY, M. A. K. Introduction to Functional Grammar. THIRD EDITION. **Hodder Arnold A Member of Hodder Headline Group**, 2004.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. **JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING**. v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.

HASHWEH, M. Z. The complexity of teaching density in middle school. **Research in Science & Technological Education**. V. 34, n. 1 p. 1 - 24, 2016.

HODGSON, B., The adventures of Charlie the Coulomb. **Hatfield: Association for Science Education**, 51 p., 1998. ISBN: 0863572758 9780863572753

JABLANSKY, S. et. al., Developmental Differences in Relational Reasoning Among Primary and Secondary School Students. **Journal of Educational Psychology**. 2015. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000070>.

JOHNSTONE, A. H.; HOGG, W. R.; MACGUIRE, P. R. P.; RAJA, S. H. How long is a chain? Reasoning in science. **School Science Review**, v. 285, n. 78, p. 73 - 77, 1997.

JONES, M. D.; CROW, D. A. How can we use the 'science of stories' to produce persuasive scientific stories? **Palgrave Communications**, v. 53, n 3, 2017

KOHN, A. S.; LANDAU, B. Does the Concept of Density Develop? Judgments of Sinking and Floating. **Annual symposium of the Jean Piaget Society**, Philadelphia, PA. 1987.

KOHN, A. S. "Preschoolers' Reasoning about Density: Will It Float?" **Child Development**, v. 64, n. 6, p. 1637 - 1650, 1993.

KALAT, J. W. Biological psychology. **New York: Brooks/Cole**, 1995.

KAMBOURI, M.; PAMPOULOU, E. S.; PIERIDOU, S.; ALLEN, M. Science Learning and Graphic Symbols: An Exploration of Early Years Teachers' Views And Use of Graphic Symbols When Teaching Science, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 12, n. 9, p. 2399-2417, 2016. doi: 10.12973/eurasia.2016.1275a.

LAN, S. W. Science Classroom Discourse for Fourth Grade English Language Learners' Scientific Literacy Development. **Open Access Dissertations**. Paper 156. 2013. Acesso 11.03.2018, disponível: <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1059&context=open_access_dissertations>. Acesso em 20 de agosto de 2019.

LASZLO, P. Towards Teaching Chemistry as a Language. *Science & Education*. v. 22, n. 7, p. 1669 - 1706, 2013.

LEMKE, J. L. Talking science: language, learning, and values. In: Jay L. Lemke.p. cm.(**Language and educational processes**), 1990.

LIU, Y., & TABER, K. Analysing Symbolic Expressions in Secondary School Chemistry: Their Functions and Implications for Pedagogy. **Chemistry Education Research and Practice**, 2016.

MACLIN, D.; GROSSLIGHT, L.; DAVIS, H., Teaching for Understanding: A Study of Students' Preinstruction Theories of Matter and a Comparison of the Effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density, *Cognition and Instruction*, v. 15, n. 3, p. 317- 393, 1997. DOI: 10.1207/s1532690xci1503_2

MACNAUGHT, L.; MATON, K.; MARTON, J. R.; MATRUGLIO, E. Jointly constructing semantic waves: Implications for teacher training. *Linguistics and Education*, v. 24, n. 1, p. 50 - 63, 2013.

MARSH, E.. Learning facts from fiction. *Journal of Memory and Language*, v. 49, n. 4, p. 519-536, 2003. [http://doi.org/10.1016/S0749-596X\(03\)00092-5](http://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00092-5)

MARSHALL, J. L.; MARSHALL, V. R. Rediscoverv or the Elements The Periodic Table. **Published by Jenny Marshall Computer Services**, 2007. Disponível em: <<http://www.chem.unt.edu/~jimm/REDISCOVERY%207-09-2018/>>. Acesso em 19 de janeiro de 2020.

MARTINS, H. H. T. de Souza. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educ. Pesqui.** [online]. 2004, vol. 30, n. 2, pp.289-300. ISSN 1678-4634. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000200007>.

MARSHALL, S.; GILMOUR, M.; LEWIS, D., Words that matter in science and technology, *Res. Sci. Tech. Educ.*, v. 9, n. 1, p. 5 - 16, 1991

MILNE, C. Philosophically Correct Science Stories? Examining the Implications of Heroic Science Stories for School Science. **JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING**. v. 35, n. 2, p. 175–187, 1998.

MORTIMER, E.; EL-HANI, C. N. Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts. **Science Education**.v. 42. n. 1, 330 pgs. eBook ISBN. 978-90-481-9246-5.

NIELSEN, K. H. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science & Education**, 2012.

OSBORNE, J. Science Without Literacy: a ship without a sail? **Cambridge Journal of Education**, v. 32, n. 2, 2002

PERSSON, T.; GEIJERSTAM, A. A.; LIBERG, C. Features and Functions of Scientific Language(s) in TIMSS 2011. **NORDINA**. v. 12, n. p. 176 - 196. 2016.

POTTS, A. R.; **Auto analogies**. Journal Chemical Education, v. 62, n. 7, 1985.

PRAIN, V. The Role of Language in Science Learning and Literacy. In: Writing and Learning in the Science Classroom. **Science & Technology Education Library**, v. 23. Springer, Dordrecht, chapter 4, p 33-45, 2004.

PYBURN, D. T.; PAZICNI, S.; VICTOR, A.; BENASSI, V. A.; TAPPIN, E. E., Assessing the relation between language comprehension and performance in general chemistry, **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 14, n. 4, p. 524 - 541, 2013.

REES, S. W. A case study exploring developments in non-traditional potential undergraduates' understandings of chemical language. **Durham theses, Durham University**. Available at Durham E-Theses Online, 2017. Disponível em <<http://etheses.dur.ac.uk/12151/>>. Acesso 14/05/2018.

RAVIOLO, A.; GARRITIZ, A. Analogias no ensino do Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**. v. 27, 2008.

ROWCLIFFE, S., Storytelling in science. **School Science Review**, v. 314, n. 314, 2004.

SILVA, L. R. R.; VENTURA, B.; ALMEIDA, M. O.; LIMA, N. M. A.; SILVA, K. T.; MAIA, F. J. N.; SAMPAIO, S. G.; BEZERRA, T. T.; GUEDES, I.; RIBEIRO, V. G. P.; MAZZETTO, S. E. Fraude no Leite: Experimento Investigativo para o Ensino de Química. **Rev. Virtual Quim.**, v. 3, n. 3, 2019.

SIRHAN, G. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. **Journal of TURKISH SCIENCE EDUCATION**, v. 4, n. 2, 2007.

SOUZA, P. V. T.; SILVA, M. D.; AMAURO, N. Q.; MORI, R. C.; MOREIRA, P. F. S. D. Densidade: uma proposta de aula investigativa. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, 2015.

SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes. **Published by Academic Press**, London, 1994. Acesso 14/12/2018. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.98.7738&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

STAVY, R.; STACHEL, D. Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. **European Journal of Science Education**. v. 7, n. 4, p. 407-421, 1985.

STAVY, R. Children's conception of gas. **International Journal of Science Education**. v. 10, n. 5, p. 553 – 560, 1988.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet", **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2010.

TABER, K. S. Progressing Science Education: Constructing the scientific research programme into the contingent nature of learning science. **Dordrecht: Springer**, 2009.

TABER, K. S. Meeting Educational Objectives in the Affective and Cognitive Domains: Personal and Social Constructivist Perspectives on Enjoyment, Motivation and Learning Chemistry. In M. Kahveci & M. Orgill (Eds.), *Affective Dimensions in Chemistry Education* (p. 3-27): **Springer Berlin Heidelberg**, 2015.

TAGLIACOZZO, R. Levels of technicality in scientific communication, **Infonntion Prowswig & Monogemenl**. Vol 12, pp. 95-1 10, 1975.

VAZ, E. L. S.; ACCIARI, H. A.; ASSIS, A.; CODARO, E. N., Uma Experiência Didática sobre Viscosidade e Densidade. **Química Nova na Escola**. v. 34, n. 3, p. 155-158, 2012.

VLADUSIC., et. al., Understanding of words and symbols by chemistry university students in Croatia. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 17. p. 474, 2016

XU, L.; CLARK, D. Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. **Journal Research in Science Education**. v. 42, n. 4, p. 769 - 789, 2012. DOI 10.1007/s11165-011-9232-7

YENEAYHU, D. G. Mapping Science in Discourse-based Inquiry Classrooms. **Thesis Doctor of Philosophy University of Rochester**, 2015.

WEBER, S. The narrative anecdote in teacher education. **Journal of Education for Teaching**, v. 19, n. 1, p. 71 - 82, 1993.

WELLINGTON, ; OSBONE, J., Language and literacy in science education (pp. iv – v). **Philadelphia, PA: Open University Press**. Martin, J. R. 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DA UFRPE
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL - PROFQUI

USO DE ANEDOTAS PARA COMPREENSÃO DO
CONCEITO DE DENSIDADE

PRODUTO DIDÁTICO

ANEXO

MESTRANDO: SAULO FRANÇA OLIVEIRA

ORIENTADORA: DRA. EDÊNIA MARIA RIBEIRO DO AMARAL

Recife

2020

PRODUTO GERADO EM ANEXO

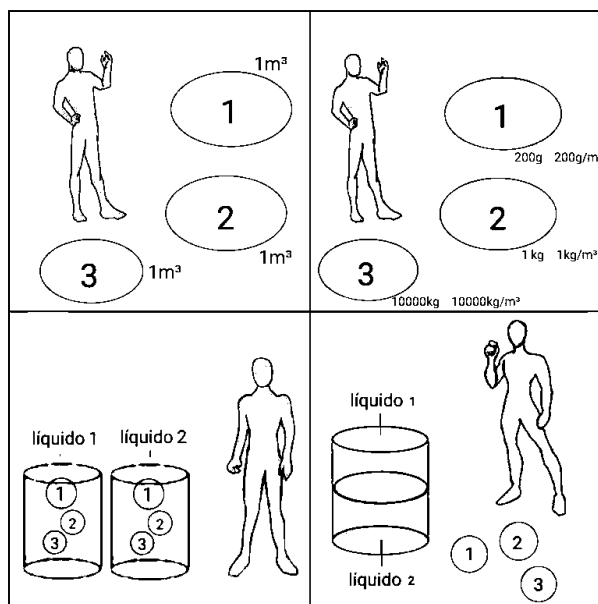
Apresentação:

“Diga-me e eu esquecerei. Mostre-me, e eu me lembro. Me envolva e eu entenderei”. O filósofo chinês Confúcio (551 aC - 479 a.C) tinha um entendimento claro até então sobre o que é importante para garantir o sucesso no processo de aprendizado e memorização por longo prazo. Embora seja impossível renunciar o ensino da teoria seca, é somente através do uso de auxiliares práticos que os aspirantes a química podem começar a realmente internalizar e compreender completamente seus conceitos.

Foi por isso que esse recurso prático foi desenvolvido. Trata-se de uma anedota na forma de Narrativa de Ficção que poderá auxiliar professores a ensinar química na escola. O recurso traz um roteiro básico escrito em cada cena, mas isso não o impede, você que é professor, de construir seu novo próprio roteiro e aproveitar as cenas enquanto viaja, de maneira fictícia, pelas entranhas da estrutura da matéria. Nosso objetivo é que suas aulas de química se tornem mais democráticas com a utilização desse recurso. Essa anedota foi usada pela primeira vez para ajudar os estudantes a desenvolver seu repertório linguístico na química. Sinta-se a vontade para traçar seus próprios objetivos educacionais.

NARRATIVA DE FICÇÃO - PRODUTO DIDÁTICO

CENA 1.



Trecho 1: o personagem observa três bolas, aparentemente iguais. Ele resolve pesar as três bolas e constata que possuem massas diferentes. O personagem ainda faz um ensaio de flutuação e coloca as bolas para flutuar e nota que, apesar de serem muito semelhantes, algumas flutuam e outras afundam. Constata ainda que dentre as que flutuam, essas são exibem a mesma capacidade de flutuação. As bolas são postas para flutuarem em um líquido cujas informações sobre sua natureza são desconhecidas. As bolas foram numeradas de 1 a 3, para que pudessem ser acompanhadas durante as cenas. As massas encontradas para as bolas seguem a ordem:

$$M_3 > M_2 > M_1$$

Legenda:

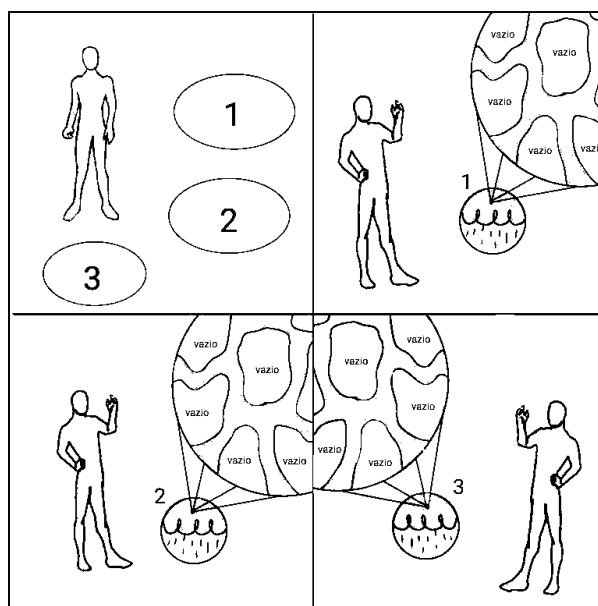
M1 = massa da bola 1

M2 = massa da bola 2

M3 = massa da bola 3

As bolas são semelhantes da composição que se vê e nos tamanhos.

CENA 2.

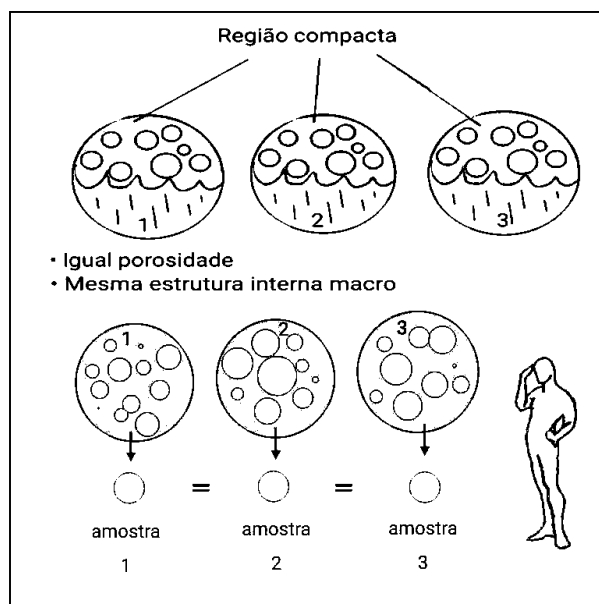


Trecho 2: As bolas são de mesmo tamanho. O personagem fica inquieto e deseja conhecer sua composição interna, para descobrir porque tem massas diferentes. As bolas possuem uma capa. O personagem resolve descascar as bolas e nota e internamente possuem composição também semelhante. As bolas possuem internamente uma estrutura porosa. Para ambas as bolas a estrutura porosa é muito parecida. Na prática o número de poros é o mesmo. Entre poros há uma parte rígida e sólida. No geral os corpos possuem mesma porosidade e mesma estrutura da parte mais compacta. Isso provoca inquietações:

- 1) As bolas são iguais
- 2) As bolas tem massas diferentes
- 3) As bolas flutuam de modo diferente

Ou seja, os corpos podem ser muito parecidos. Mas o que os define não são suas características externas somente. Mas sim, o que tem dentro deles, do que são feitos. O não basta apenas encher o que tem dentro e que é visível. O que distingue a gente não consegue vê.

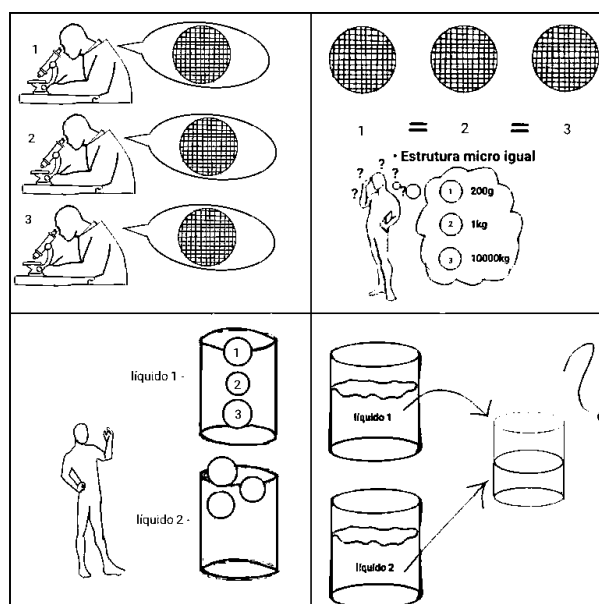
CENA 3.



Trecho 3: Nosso personagem resolve explorar a região mais compacta das bolas. A região porosa é a mesma. A região compacta parece ser constituída por materiais diferentes. O design da estrutura macro das bolas a olho nú é bem parecida. Mas a diferença está no material que são constituídas. O personagem resolve investigar dentro da estrutura compacta para entender as razões da diferenças.

Nosso personagem resolve coletar amostras de cada bola. Para isso cava suas superfícies para tirar de cada uma um pedaço da região interna mais compacta. Ao tirar um pedaço de cada uma, nota que ate essas amostras internadas são parecidas.

CENA 4.



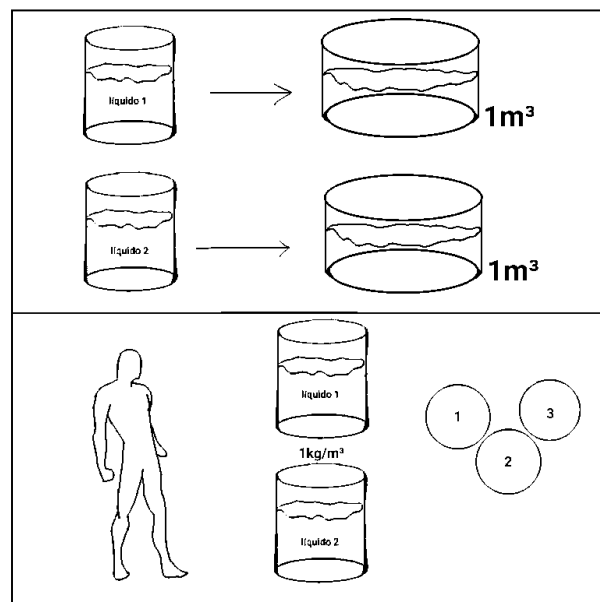
Trecho 4: com auxílio de um microscópio, lâminas de cada amostra são analisadas. O material também é transformado em pó, e colocado sob a lente do microscópio. O microscópio é muito útil para enxergar coisas pequenas. O microscópio consegue enxergar uma célula e alguns tipos de bactérias. Mas não mais que isso.

O material referente a cada bola é analisado. Um a um. Anotações são feitas e uma foto da imagem projetada no visor do microscópio é printada.

Nosso personagem fica surpreso. Mesmo ao microscópio é impossível notar grandes diferenças nos materiais. A diferença estava em algo menor. Mas o que?

Ainda faz um novo ensaio. Coloca as bolas em 2 líquidos diferentes para flutuarem. Repete o ensaio de flutuação no mesmo líquido usado no início, chamado de líquido 1, e faz novo ensaio, agora no líquido 2. Nota que a capacidade de flutuação das bolas havia mudado. No líquido 2 todas flutuavam.

CENA 5.



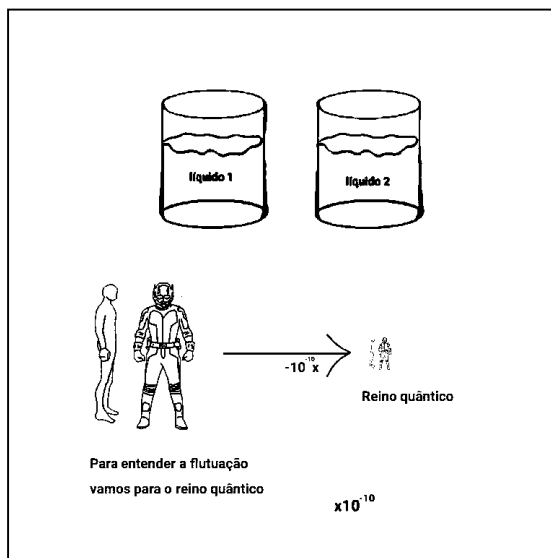
Trecho 5: neste momento nosso personagem já havia feito 2 observações importantes.

- 1) Bolas de mesmo tamanho e com estrutura interna semelhante podem ter massas diferentes.
- 2) A diferença entre os objetos não está exatamente do que vemos. Mas no que existe por dentro. A parte interna é importante para entender as propriedades dos materiais.

Após fazer o ensaio de submersão e notar que a capacidade de flutuação das bolas não depende só delas, mas também do lugar que estão, nosso personagem resolve analisar brevemente os líquidos onde as bolas foram mergulhadas. Para isso, primeiro separa 1m³ de cada líquido, volume exatamente igual ao das bolas, e pesa. Estranhamente nota que quando se compara volumes iguais de líquidos diferentes, esses podem ter valores de massas diferentes. O personagem constatou que o líquido 1, caso tivesse mesmo volume das bolas, ele teria massa exatamente igual ao da bola 2, maior que o da bola 1, e menor do que a bola três. A bola 1 flutua na superfície, a bola 2 flutua no seu interior e a bola três submerge ao fundo. Porque isso acontece, até a agora não se sabe. Tudo que se sabe é que a estrutura interna não visível pode estar por trás de

todos esses acontecimentos.

CENA 6.



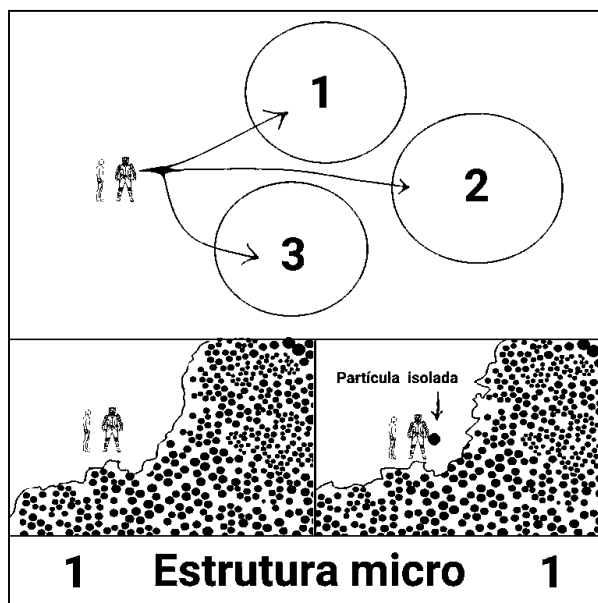
Trecho 6: para obter respostas as suas indagações, nosso personagem resolve se encontrar com o lendário homem formiga.

O homem formiga era o ator Scott Lang. Ele possuía algo conhecido como partículas Pym, substância capaz de alterar seu tamanho e provocar uma redução de $\times 10^{-10}$. O homem formiga havia voltado do mundo quântico e conhecia bem a natureza interna da matéria.

Ao se encontrar com o homem formiga, nosso personagem conta sua história. O homem formiga resolve ajudá-lo. Nosso personagem engole algumas partículas Pym, e assim como o homem formiga tem seu tamanho reduzido.

Após esta transformação eles seriam capazes de navegar nas estranhas estruturas da matéria e observar com seus próprios olhos o que explicava o fato de alguns materiais serem tão parecidos e possuírem propriedades tão diferentes, como massa e capacidade de flutuação.

CENA 7.

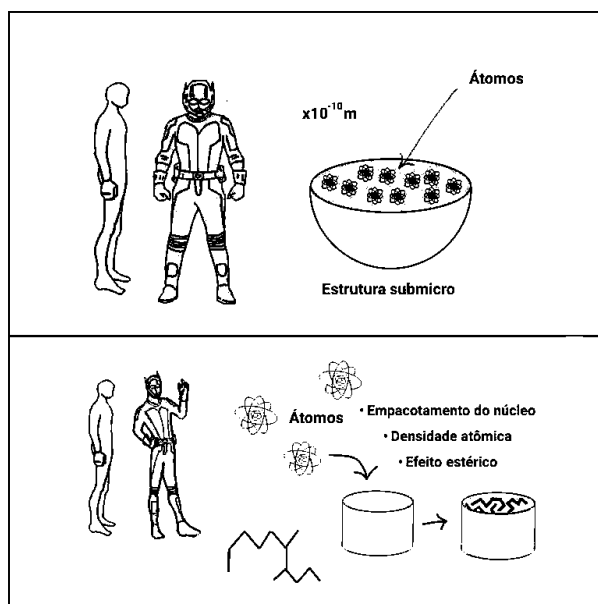


Trecho 7: após reduzir de tamanho, nosso personagem junto com o homem formiga, mergulha dentro das bolas. Explora uma de cada vez. Ele fica surpreso com o que vê.

Cada bola é constituída na verdade por bilhões de bolas menores, ligadas uma as outras por algum tipo de força. Essas bolas menores eram formadas por outras ainda menores que se conectavam, formando pequenos ramos. Essas bolas minúsculas eram os átomos, e esses ramos as moléculas. Cada átomo tinha uma composição particular em seu núcleo e sua eletrôsfere.

As bolas menores, essas da figura ao lado, eles compostas por várias moléculas. Essas bolhas se empilhavam formando a estrutura interna do material. Nosso persogame viu de perto, junto com o homem formiga cada detalhe interno, de cada bola, separadamente.

CENA 8.

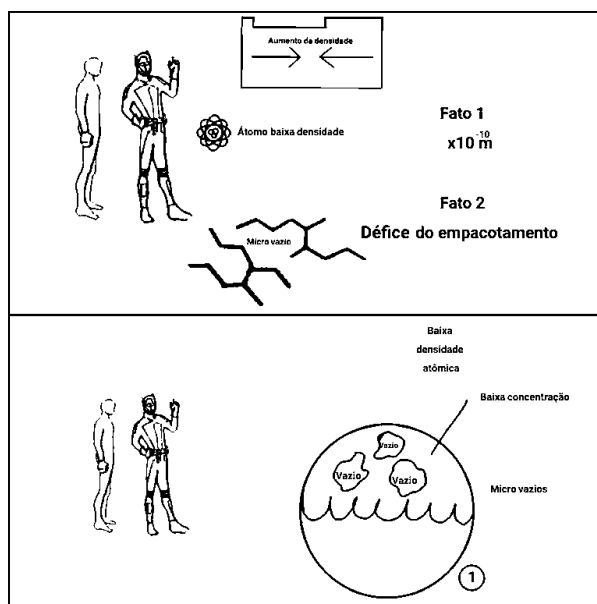


Trecho 8: apesar na estrutura interna ser semelhante, essa era formada por átomos diferentes, que diferiam quando seu seu número atômico, empacotamento do núcleo. As unidades moleculares observadas também eram diferentes. Alguns eram lineares e isso permitiam maior compactação. Outras, por outra lado, tinham uns ramos que atrapalhavam o encaixe. Nisso sobrava espaço. As bolas mais pesadas, por coincidência, tinham uma estrutura interna com átomos que possuem núcleos mais compactos, e moléculas mais ajustadas e próximas umas das outras.

Nesse momento, quando o volume era igual, era válido os seguintes aspectos para explicar as massas diferentes:

- i) Estrutura dos átomos constituintes
- ii) Capacidade de empacotamento das moléculas.

CENA 9.



Trecho 9: A composição de cada bola foi analisada separadamente.

Bola 1:

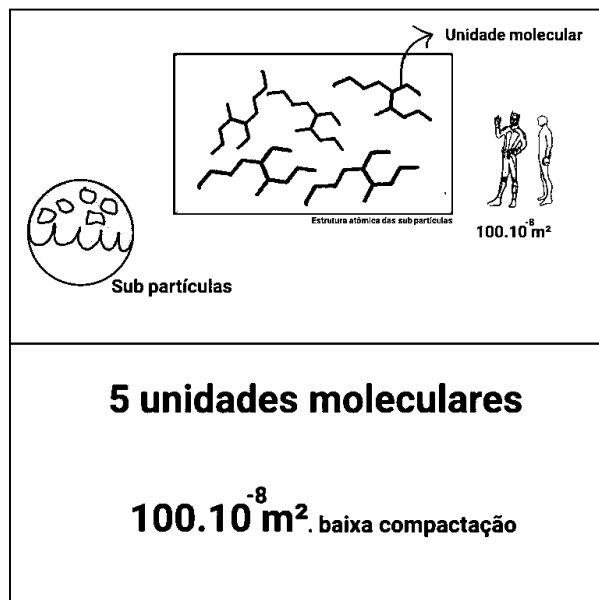
- 1) Átomos de baixa densidade. Longe do centro da tabela periódica;
- 2) Existência de micro espaços vazios e empacotamento ineficiente

Com relação ao tamanho da bola, havia muitos espaços, visíveis e invisíveis, que não eram ocupados por unidades moleculares. Quando eram ocupados, esses átomos não tinham tanta densidade.

Entenda a densidade atômica como dependente da estrutura do seu núcleo (empacotamento de prótons e nêutrons) e volume do átomo. A compactação das moléculas foi deficiente. Observe essas cadeias laterais das moléculas. Elas atrapalham a compactação.

Com tanto espaço vazio era fácil perceber porque a bola 1 era a mais leve.

CENA 10.



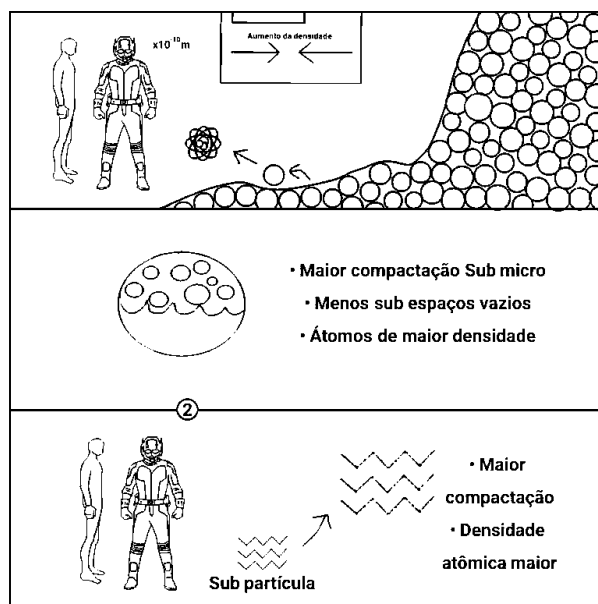
Trecho 10: A compactação é importante para entender porque corpos de mesmo tamanho podem ter massas e propriedades diferentes.

Considere essa área ao lado. Nela existem 5 unidades moléculas. Na verdade cabem mais unidades moleculares. O problema está no arranjo das moléculas. Elas não conseguem se aproximar tanto. Ao se aproximarem a ponto de tocarem umas nas outras, ainda assim continuam os espaços vazios.

Essa arrumação deficiente está associada a algo conhecida como efeito estérico. O efeito estérico se deve aos ramos laterais que atrapalham a compactação.

Ainda pontuamos que a compactação não depende apenas do tipo de molécula e de seu design, mas também dos átomos que são constituídas.

CENA 11.



Trecho 11: Análise da bola 2

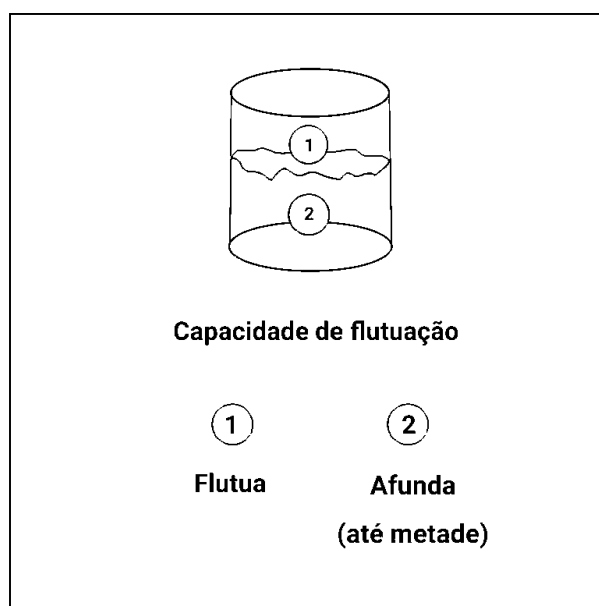
Uma amostra da parte compacta da bola 2 foi analisada. O homem formiga e nosso personagem tiraram uma bolinha, que era composta de unidades moleculares.

Diferente do ambiente anteriores, cada bola pequena continha mais unidades moleculares em um mesmo volume, o que configurava maior compactação.

Observe o desenho ao lado. As unidades moleculares não mais continham os ramos laterais. Isso ajudava a obter um arranjo mais compacto.

Cada átomo individual, por sua vez, tinha uma densidade superior aos átomos da bola 1. Nessa conjuntura era possível arranjar mais unidades moleculares em um mesmo espaço, quando comparado a bola 1. Lógico, isso influenciava na massa.

CENA 12.



Trecho 12: Tarefa de constatação:

- 1) Porque bolas de mesmo tamanho podem possuir massas diferentes?
 - 2) Porque a bola 2 pesa mais do que a 1?
 - 3) O que é compactação?
 - 4) Qual bola esta mais compacta?
-

CENA 13.



Como você acha que é a bolinha 3?

↓

Faça um desenho de sua estrutura interna

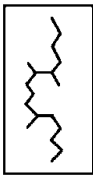
Qual dos átomos à seguir pode fazer parte da sua estrutura?

Aumento da Densidade

A
C

→
B
←

Como você acha q é sua compactação?



I 10^8 m^3



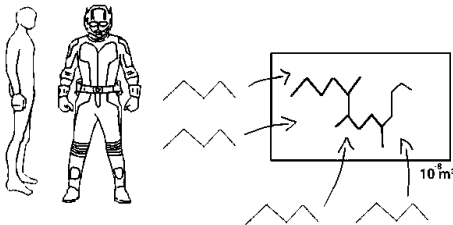
II 10^9 m^3

Trecho 13:

- 5) Como você imagina que seja a estrutura da bola 3?
- 6) Observe a tabela ao lado e diga qual átomo pode fazer parte de sua composição.
- 7) Como deve ser a compactação da bola 3? Assinale a caixa ao lado.

CENA 14.

Considere o ambiente abaixo



Se mais unidades moleculares forem adicionadas no mesmo volume o que acontece com a compactação

☐ Aumenta ☐ Diminui

☐ Não muda

Isso afeta a massa?

☐ Sim ☐ Não

Trecho 14:

- 8) Se mais unidades moleculares forem adicionadas no mesmo espaço o que acontece com sua compactação? Marque a caixa ao lado.
- 9) Mais unidades moleculares do mesmo espaço. O que acontece com a massa, sabendo que o volume é fixo?
- 10) Isso afeta a flutuação?
-

CENA 15.

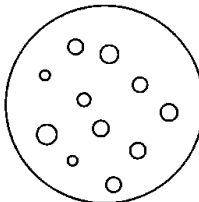


Etimologia

Densus = compactação
Idade = quantidade

Densus + Idade = Densidade

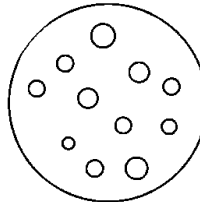
Quem tem maior densidade?



Empacotamento A

A

=



Empacotamento B

B

☐ A
☐ B
☐ Depende: _____ (Explique)

Trecho 15:

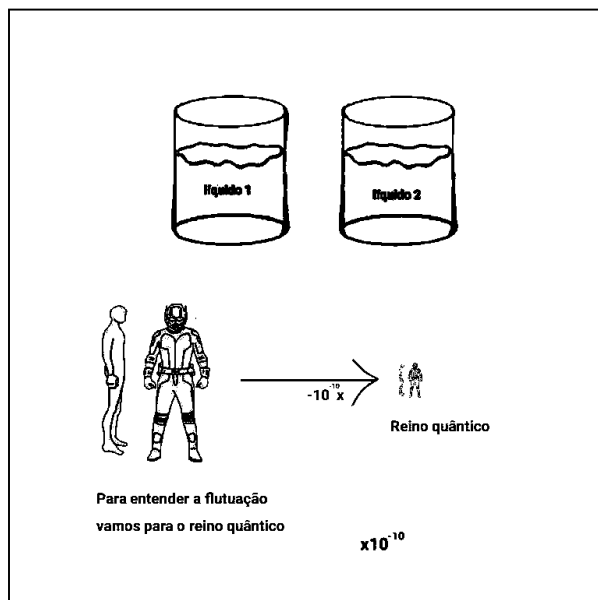
11) Observe o esboço ao lado. Analise as bolas e seus empacotamentos. Quem tem maior densidade?

A) ____

B) ____

C) DEPENDE, _____ (explique)

CENA 16.

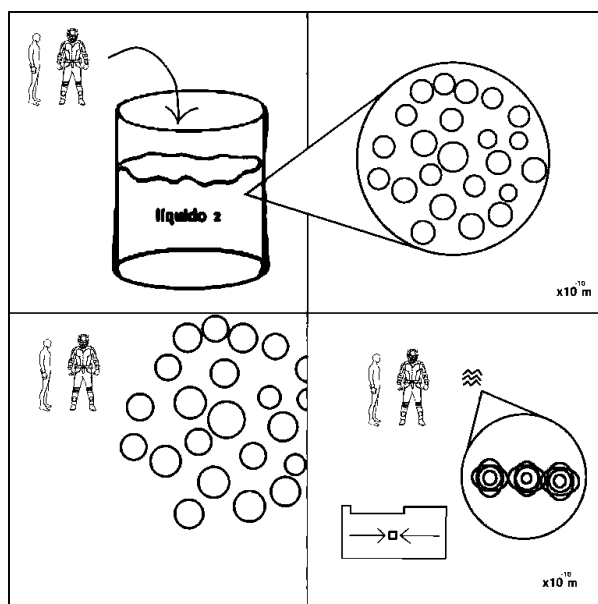


Trecho 16: Para entender o processo de flutuação, o porque uma partículas flutuam facilmente, enquanto outras não, o mundo quântico deve ser explorado novamente.

Nosso personagem e o homem formiga novamente reduziram $\times 10^{-10}$ no seu tamanho.

Novamente estavam do tamanho de átomos e moléculas para conseguir entender o funcionamento de sua estrutura interna.

CENA 17.

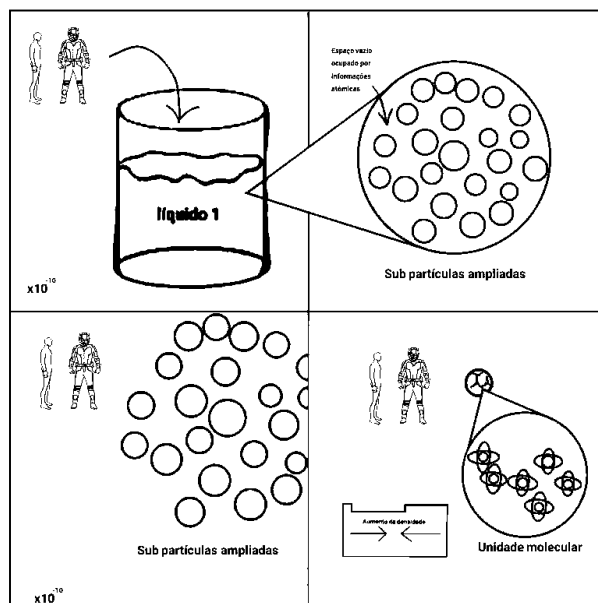


Trecho 17: O personagem e o homem formiga se surpreenderam ao constatar que a estrutura interna dos líquidos era igual ao dos materiais sólidos. A diferença é que as partículas exibiam certo movimento.

Na mesma forma que os sólidos hávia bolinhas pequenas, unidades moleculares e átomos. Foi notado que os átomos que compunham as unidades moleculares eram de elevada densidade, os mais densos conhecidos.

As unidades moleculares guardavam certa distância, essa distância era ocupada por interações invisíveis chamadas forças intermoleculares. Essas forças poderiam afertar também a compactação do material, otimizando ou não sua compactação.

CENA 18.



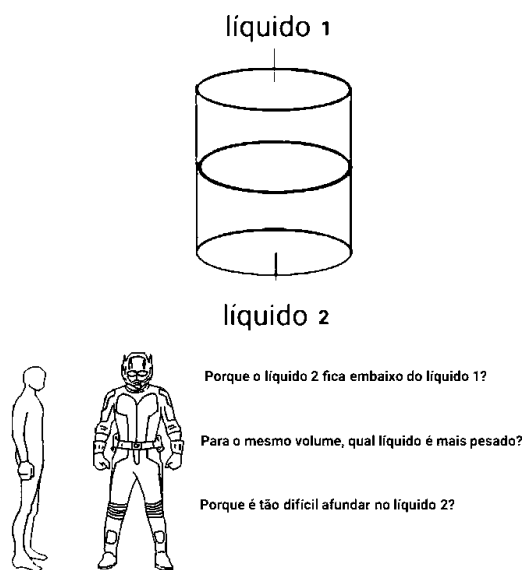
Trecho 18:

Segue a estrutura interna do líquido 1.

Comparando com o líquido 2, temos:

- 1) Compactação ineficiente das partículas;
- 2) Átomos individuais com menor densidade
- 3) Presença de unidade moleculares com ramos laterais

CENA 19.

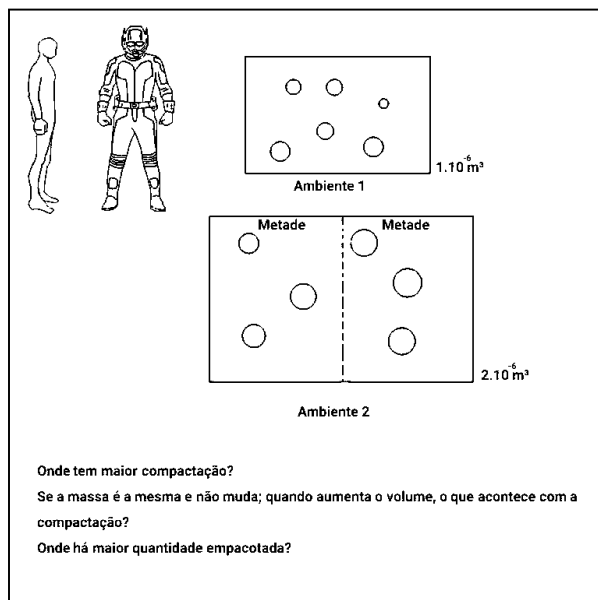


Quando são misturados os líquidos 1 e 2, o líquido 2 fica em baixo. Explique porque.

12) Para o mesmo volume de cada líquido, qual o mais leve?

13) Porque é tão difícil afundar no líquido 2?

CENA 20.

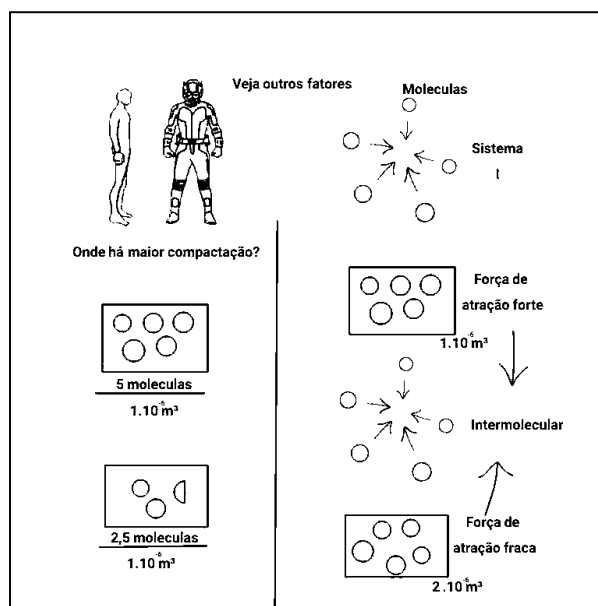


Trecho 20:

14) Onde temos maior compactação? Observe as caixas ao lado para responder.

15) a massa das bolas é a mesma e de valor fixa. Quando aumenta o volume, o que acontece com a compactação da bolas?

CENA 21.

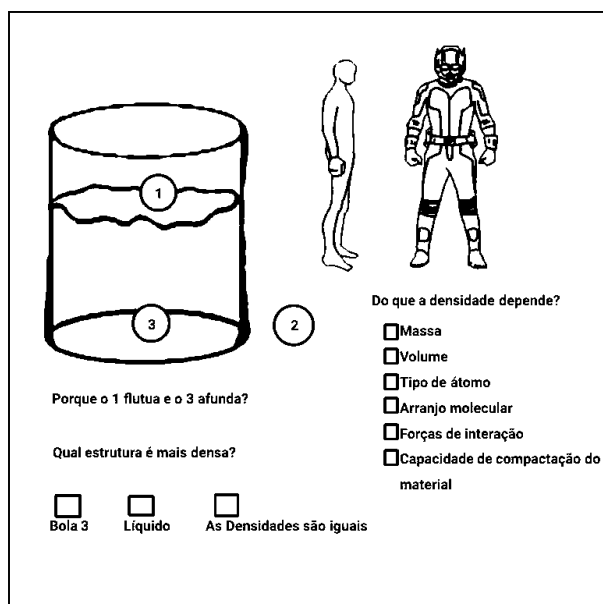


Trecho 21:

Agora observe as figuras. Responda as perguntas que são feitas com base em sua observação.

16) Do que depende a compactação?

CENA 22.



Trecho 22:

17) Porque a bola 1 flutua e 3 afunda?

18) Qual estrutura possui maior densidade?• Responsta na figura.

19) Assinale os itens Que afetam a densidade.