

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

KARINA CAIXETA SCALCO

**O USO DE REPRESENTAÇÕES VISUAIS PARA O ENSINO DO CONTEÚDO DE
FORÇAS INTERMOLECULARES**

**ALFENAS/MG
2018**

KARINA CAIXETA SCALCO

**O USO DE REPRESENTAÇÕES VISUAIS PARA O ENSINO DO CONTEÚDO DE
FORÇAS INTERMOLECULARES**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutora em Química - Área de concentração “Química Inorgânica”, pelo Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Alfenas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Regina Cordeiro

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Keila Bossolani Kiill

**ALFENAS/MG
2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

Scalco, Karina Caixeta.

S119u O uso de representações visuais para o ensino do conteúdo de forças intermoleculares. / Karina Caixeta Scalco – Alfenas/MG, 2018.
230 f.: il. --

Orientadora: Márcia Regina Cordeiro.

Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alfenas,
2018.

Bibliografia.

1. Livro didático. 2. Forças intermoleculares. 3. Representações visuais.
I. Cordeiro, Márcia Regina. II. Título.

CDD-540.7

KARINA CAIXETA SCALCO

**O USO DE REPRESENTAÇÕES VISUAIS PARA O ENSINO DO CONTEÚDO DE
FORÇAS INTERMOLECULARES**

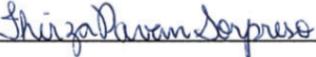
A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Química pela Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais, com área de concentração em Química Inorgânica.

Aprovada em: 18/05/2018

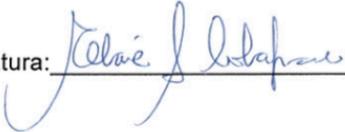
Profa. Dra. Márcia Regina Cordeiro
Instituição: Universidade Federal de Alfenas –
UNIFAL-MG

Assinatura:  _____

Profa. Dra. Thirza Pavan Sorpreso
Instituição: Universidade Federal de Alfenas –
UNIFAL-MG

Assinatura:  _____

Profa. Dra. Elaine Colagrande
Instituição: Universidade Federal de Alfenas –
UNIFAL-MG

Assinatura:  _____

Profa. Dra. Solange Wagner Locatelli
Instituição: Universidade Federal do ABC

Assinatura:  _____

Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira
Instituição: Universidade Federal de São Carlos -
UFSCAR

Assinatura:  _____

Dedico aos meus pais, por todo amor, carinho e apoio durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda força, capacitação e provisão durante todos estes anos e toda minha vida.

Aos meus queridos pais, Carlos e Seila. Agradeço a Deus pela vida de vocês, por serem tão presentes na minha vida, por sempre me ouvirem, me apoiarem e me darem força para continuar, me dando ânimo e motivação. Vocês sempre foram instrumentos de Deus para que eu pudesse entender Seus propósitos em minha vida. Amo muito vocês! Muito obrigada!

Aos meus queridos irmãos Lucas, Thiago e à minha cunhada Eilinha. Vocês são especiais na minha vida, agradeço muito a Deus por tê-los sempre por perto para me ajudar, motivar e distrair! Amo vocês! E aos meus queridos sobrinhos, Estêvão e Filipe.

Ao meu amor, Mateus, por todo carinho, compreensão e motivação para terminar esta etapa. Agradeço a Deus por ter você em minha vida. Amo você!

À professora Keila Bossolani Kiill, agradeço por todos os ensinamentos, pela amizade, por me incentivar a sempre buscar novos caminhos e a não desistir. Você foi essencial na minha formação. Muito obrigada!

À professora Márcia Regina Cordeiro, obrigada pela disposição de sempre me ajudar no que precisei. Agradeço pelos ensinamentos e por sua amizade.

Ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Alfenas, por todo suporte durante estes anos, proporcionando o desenvolvimento deste trabalho.

À Capes, pelo auxílio financeiro e por proporcionar a realização do período sanduíche.

Ao professor Vicente Talanquer, muito obrigada pela oportunidade de ser sua aluna durante o período sanduíche na University of Arizona. Foi um ano muito especial e intenso, onde aprendi muito tanto na pesquisa quanto na minha vida pessoal.

Às professoras Dra. Solange Wagner Locatelli, Dra. Thirza Pavan Sorpreso e ao professor Dr. Mário Roberto Barro, por todas as sugestões apresentadas no exame de qualificação que contribuíram muito para a finalização deste trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa em Ensino de Química da Unifal-MG, por todos os momentos de aprendizado compartilhados.

À toda minha família e amigos, agradeço por estarem sempre presentes. Às eternas ‘Meninas’ da Química, estaremos sempre juntas. Agradeço às meninas da ‘Sextinha’, minhas amigas tão especiais, companheiras. Amo vocês.

“Pois o Senhor é quem dá sabedoria; de sua boca procedem o conhecimento e o discernimento”. Provérbios 2:6

RESUMO

O uso de representações visuais no ensino de Química vem sendo amplamente estudado nos últimos anos a fim de compreender o papel desta ferramenta didática para a compreensão de conceitos químicos. Alguns estudos têm focado em compreender qual o potencial desta ferramenta no entendimento dos textos escritos, como é o caso dos livros didáticos, recurso composto por textos e imagens. O foco deste trabalho foi a elaboração e avaliação de um material didático composto por texto e imagens, com o intuito de compreender de que maneira as representações visuais no ensino de Química influenciam o entendimento de conceitos químicos, especificamente o conteúdo de forças intermoleculares. O material elaborado foi avaliado em três momentos com estudantes Americanos e Brasileiros matriculados no curso de química geral por meio de entrevistas semiestruturadas, as quais foram transcritas, categorizadas e analisadas. O primeiro momento das entrevistas ocorreu com o material composto apenas por imagens, buscando compreender como o estudante interage com uma sequência de imagens, quais as características eles prestam mais atenção e se houve entendimento a partir da sequência proposta. O segundo momento das entrevistas ocorreu com o material composto por texto e imagens, buscando compreender qual o papel das imagens na compreensão do texto escrito e se esta combinação auxilia a compreensão conceitual. O terceiro momento ocorreu com o material composto apenas por texto, o qual teve como objetivo compreender como o estudante interage com um recurso sem representações visuais e se há compreensão conceitual. A partir das análises realizadas é possível dizer que quando texto e imagens são utilizados juntos, o raciocínio do estudante tende a ser um pouco mais coerente e mecanístico comparado às entrevistas realizadas somente com texto e somente com imagens, cujo raciocínio dos estudantes tende a ser mais fragmentado e estrutural, de acordo com o conhecimento prévio que possuem em sua estrutura cognitiva.

Palavras-chave: Livro didático, Forças intermoleculares, Representações visuais.

ABSTRACT

The use of visual representations in Teaching of Chemistry has been much studied in recent years in order to understand the role of this didactic resource for the understanding of chemical concepts. Some studies have focused on understanding the potential of this resource in the understanding of written texts, such as textbooks, a resource composed of text and images. The focus of this study was the elaboration and evaluation of didactic material composed by text and images, in order to understand how the visual representations in the teaching of chemistry influence the understanding of chemical concepts, specifically the content of intermolecular forces. The material elaborated was evaluated in three moments with American and Brazilian students enrolled in the general chemistry course through semi-structured interviews, which were transcribed, categorized and analyzed. The first moment of the interviews occurred with the material composed only by images, which aimed to understand how the students interact with a sequence of images, which characteristics they pay more attention to and if there was understanding from the proposed sequence. The second moment of the interviews occurred with the material composed by text and images, which aimed to understand the role of the images in the comprehension of the written text and if the combination of both helps in the conceptual comprehension. The third moment occurred with the material composed only by text, which aimed to understand how the student interacts with a resource without visual representations and if there is conceptual comprehension.

From the analyzes carried out it is possible to say that when text and images are used together, the student's reasoning tends to be a little more coherent and mechanistic compared to the interviews with only text and with only images, whose student reasoning tends to be more fragmented and structural, according to the previous knowledge they have in their cognitive structure.

Keywords: Textbook, Intermolecular forces, Visual representations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Representação da construção da representação interna na mente do indivíduo considerando uma aprendizagem (a) significativa e (b) mecânica.....	21
Figura 2	- Exemplos do material didático elaborado para os diferentes momentos de entrevista: a. Somente imagens, b. Texto e imagens, c. Somente texto.....	33
Figura 3	- Exemplo de tabela utilizada para analisar as informações obtidas durante a avaliação do material.....	40
Figura 4	- Principais etapas realizadas durante o desenvolvimento deste projeto.....	42
Figura 5	- Imagens presentes em dois livros didáticos brasileiros para o Ensino Médio, as quais representam o experimento de solubilidade e polaridade das substâncias.....	43
Figura 6	- Mistura de água e tetracloreto de carbono.....	50
Figura 7	- Segundo sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo.....	57
Figura 8	- Terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre.....	61
Figura 9	- Principais características identificadas nas respostas dos estudantes enquanto realizaram a entrevista.....	67
Figura 10	- Fluxograma apresentando os conceitos considerados importantes de serem abordados no material.....	71
Figura 11	- Esquema que representa as principais características identificadas nas entrevistas com imagens.....	87
Figura 12	- Esquema das principais características identificadas nas entrevistas com texto e imagens.....	89
Figura 13	- Exemplo de representação feita por estudante referente à página 5 do texto.....	97
Figura 14	- Representação feita por um estudante para a mistura entre água e tetracloreto de carbono ao longo do tempo.....	99
Figura 15	- Representação feita por um estudante em relação a estrutura e geometria das moléculas de água e tetracloreto de carbono.....	100
Figura 16	- Representação dos estudantes 17 (a), 18 (b) e 19 (c), referentes à página 4 do texto.....	101
Figura 17	- Representações feitas por estudantes em relação à página 1(a) e 2 (b) do texto.....	102
Figura 18	- Esquema das principais características identificadas nas entrevistas com texto.....	104
Figura 19	- Quinta imagem presente na sequência de imagens elaborada.....	105
Figura 20	- Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão raciocínio coerente.....	109
Figura 21	- Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão raciocínio coerente fragmentado.....	110
Figura 22	- Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão de raciocínio incoerente.....	111
Figura 23	- Representação esquemática para as principais características evidenciadas nas entrevistas.....	119
Figura 24	- Representação esquemática para as relações conceituais entre os materiais.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Questões sobre o primeiro sistema: água e tetracloreto de carbono.....	47
Tabela 2	-	Questões sobre o segundo sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo.....	47
Tabela 3	-	Questões sobre o terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre...	48
Tabela 4	-	Relações entre conceitos apresentados de forma fragmentada e não fragmentada.....	68
Tabela 5	-	Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono.....	73
Tabela 6	-	Descrição dos conteúdos abordados em cada página do material elaborado.....	78
Tabela 7	-	Quantidade de estudantes que avaliaram o material de acordo com seu tipo.....	80
Tabela 8	-	Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por imagens.....	107
Tabela 9	-	Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por texto e imagens.	113
Tabela 10	-	Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto somente por texto.	116

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	O LIVRO DIDÁTICO	12
1.2	AS IMAGENS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	14
1.3	O TEXTO NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	16
1.4	A RELAÇÃO DAS IMAGENS COM O TEXTO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	A SIGNIFICAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA.....	20
2.2	PADRÕES DE RACIOCÍNIO DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO ÀS SUAS CONCEPÇÕES CONCEITUAIS.....	23
2.2.1	Raciocínio Mecanístico e Raciocínio Estrutural	24
2.2.2	Raciocínio Coerente e Raciocínio Fragmentado	26
3	METODOLOGIA	29
3.1	QUESTÃO DE PESQUISA.....	29
3.2	OBJETIVOS.....	29
3.3	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	30
3.3.1	Procedimentos Metodológicos	31
3.3.2	Instrumentos utilizados para coleta das informações	32
3.3.3	Caracterização dos sujeitos e do ambiente de pesquisa	37
3.3.4	Análise das informações	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES.....	43
4.1.1	Primeiro Sistema: Água e Tetracloreto de Carbono	49
4.1.2	Segundo Sistema: Água, Tetracloreto de Carbono e Iodo	55
4.1.3	Terceiro sistema: Água, Tetracloreto de Carbono e Sulfato de Cobre	61
4.2	O MATERIAL INSTRUCIONAL: ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO.....	72
4.2.1	Elaboração da sequência de imagens	72
4.2.2	Elaboração do texto	78
4.2.3	Avaliação e análise do material didático	79
<i>4.2.3.1</i>	<i>Análise das entrevistas realizadas apenas com imagens</i>	81
<i>4.2.3.2</i>	<i>Análise das entrevistas realizadas com texto e imagens</i>	88

4.2.3.3	4.2.3.3 <i>Análise das entrevistas realizadas somente com texto</i>	97
4.2.4	4.2.4 Análise das relações entre os tipos de materiais e os sujeitos participantes	104
4.2.4.1	<i>Relações para cada tipo de material</i>	105
4.2.4.4	<i>Considerações gerais a respeito das análises realizadas por tipo de material e sujeitos participantes</i>	118
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
6	IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO	124
7	LIMITAÇÕES	126
8	PESQUISAS FUTURAS	127
9	AÇÕES FUTURAS	128
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICES	138

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como intuito compreender como as representações visuais (neste trabalho entendida como imagens) podem ser utilizadas no ensino de química como uma ferramenta que auxilia na compreensão do texto escrito. Trata-se da elaboração de uma sequência de imagens e textos para explicação de um experimento que aborda os conteúdos Polaridade, Solubilidade e Forças Intermoleculares, visando investigar como os estudantes interagem com esses materiais e qual a influência das imagens no entendimento dos conceitos descritos no texto.

O interesse por esse tema se originou a partir de uma análise realizada nos livros didáticos de química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2012), para os capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas (SCALCO, 2014). O foco deste estudo esteve em identificar a natureza das representações visuais presentes nestes capítulos e como estas se relacionavam com o texto escrito. O resultado desta análise proporcionou o interesse em avançar no estudo do uso das imagens como ferramenta de ensino de uma forma não fragmentada, forma como muitas vezes estas são apresentadas nos livros didáticos, mas sim em uma sequência de ensino que auxilie a aprendizagem.

A introdução foi organizada de uma forma a se contextualizar a importância do livro didático no ensino de Química, como as imagens são apresentadas e utilizadas nesses materiais e como estas representações visuais podem ser utilizadas como ferramenta de ensino juntamente com o texto escrito.

1.1 O LIVRO DIDÁTICO

Nos últimos anos o livro didático se tornou objeto de estudo para muitos pesquisadores, os quais têm buscado compreender qual a importância desta ferramenta para a educação e, especificamente, como esta tem sido utilizada no ensino de Química (TAVARES, 2009; LEMES, SOUZA; CARDOSO, 2010; GKITZIA, 2011; MAIA et al., 2011; FERNANDES; PORTO, 2011; KUMI et al., 2013; SCALCO, 2014).

No Brasil a educação básica ainda é muito focalizada no uso do livro didático (LD). De

acordo com alguns autores (ECHEVERRÍA; MELLO; GAUCHE, 2011, FRISON, 2009; CARNEIRO et al, 2005), o LD ainda é considerado o principal instrumento de apoio do professor e de estudo para o aluno. Isso pode ser devido ao fato de que este é um instrumento de fácil acesso para o professor e para os alunos, pois o governo vem investindo na distribuição deste recurso nas escolas de todo país (FNDE, 2016a). Isso pode ser também consequência do processo de formação dos professores no que se refere a discussão de novas ferramentas no processo de ensino e de aprendizagem. Tavares (2009) aponta como algo viável a utilização de diferentes ferramentas no processo de ensino, o que pode favorecer a organização e forma como os conceitos serão ensinados.

No que se refere ao acesso ao livro didático, entende-se que este tem sido resultado do investimento do governo nos últimos anos na distribuição dos LD's em escolas públicas de todo o país por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Este programa tem como objetivo democratizar o acesso ao livro didático com o intuito de promover uma melhoria na qualidade do ensino (FNDE, 2016a). No ano de 2015, por exemplo, aproximadamente 8 milhões de livros de Química foram distribuídos nas escolas de ensino médio ao redor de todo o país (FNDE, 2016b).

Este programa (PNLD) iniciou-se em 1929 com outra denominação (INL – Instituto Nacional do Livro), o qual tinha como intuito legislar sobre as políticas do livro didático e, ao longo dos anos, foi sendo modificado e aperfeiçoado, tendo diferentes formas de execução (FNDE, 2016c). Hoje este programa atende a educação básica brasileira sendo que, em 2016, aproximadamente 34,5 milhões de alunos receberam 128,5 milhões de obras, os quais foram distribuídos para o Ensino Fundamental, Ensino Médio, Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Programa Brasil Alfabetizado (PBA) (FNDE, 2016b).

Antes de chegarem as escolas, os livros didáticos passam por um processo de avaliação com o intuito de verificar se as obras se enquadram em exigências técnicas e físicas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). A partir daí os livros selecionados passam por uma avaliação pedagógica pela Secretaria da Educação Básica (SEB/MEC), sendo que os livros aprovados compõem um guia que é direcionado às escolas para análise e escolha das obras a serem adotadas para os próximos três anos (FNDE, 2016d).

Apesar de hoje haver uma variedade de recursos didáticos sendo desenvolvidos e estudados para fins educacionais, como, por exemplo, recursos digitais (animações, simuladores, *softwares*, filmes), modelos físicos (modelos moleculares), kits experimentais, entre outros, o livro continua tendo seu importante espaço nas salas de aulas e ainda é fonte de interesse para pesquisas visando

sua melhoria tanto nos aspectos conceituais quanto nas sequências de conteúdos e recursos imagéticos utilizados.

1.2 AS IMAGENS NOS LIVROS DIDÁTICOS

O LD é constituído por uma sequência de textos, imagens e exercícios. Pesquisadores tem se preocupado com a qualidade deste material e na forma com que este tem sido apresentado aos professores e alunos (TAVARES, 2009; LEMES, SOUZA; CARDOSO, 2010; MAIA et al., 2011; FERNANDES; PORTO, 2011; SCALCO, 2014). O interesse das investigações muitas vezes tem se baseado na alteração estrutural, conceitual e metodológica do LD, de modo que o material possa não se fundamentar apenas em uma sequência tradicional de conteúdos, mas contribuir para uma aprendizagem efetiva (MORTIMER; SANTOS, 2008).

As imagens se tornaram um campo de pesquisa de interesse nos últimos anos. Muitos estudos sobre esta temática visam compreender como as imagens são apresentadas nos livros didáticos, o grau de relação com o texto, quais os níveis dimensionais estas representam, entre outros aspectos (LÓPEZ-MANJÓN, 2016; PALACIOS, 2015; CHENG; GILBERT, 2014; GKITZIA, 2011; MADDEN, 2011).

Em geral, é conhecida a importância das representações visuais para o Ensino de Química. Gkitzia (2011) aponta que muitos sistemas simbólicos têm sido desenvolvidos ao longo do tempo por químicos para representar fenômenos químicos, como por exemplo, fórmulas moleculares, equações químicas, modelos moleculares, entre outros. Estes sistemas simbólicos podem ser chamados de ‘representações químicas’ ou apenas ‘representações’. As imagens presentes nos livros didáticos são consideradas representações que, de acordo com o parágrafo anterior, podem apresentar diferentes níveis dimensionais.

Para compreender um pouco sobre estes níveis, podemos dizer que todo fenômeno químico pode ser descrito por três aspectos dimensionais, denominados inicialmente por Johnstone (1982) de macroquímico, submicroquímico e representacional, os quais se referem àquilo que é observável, àquilo que acontece no nível molecular e à forma como o fenômeno é simbolizado, respectivamente (JOHNSTONE, 1993). Estudos posteriores denominaram estes aspectos

dimensionais de macroscópico, submicroscópico e simbólico (TREAGUST et al., 2003; GILBERT, 2008; GKITZIA, 2011).

O aspecto macroscópico, de acordo com Gilbert (2008), consiste naquilo que é possível de ser visualizado como, por exemplo, uma solução química. Este pode ser descrito por fenômenos observados em laboratórios, vídeos de fenômenos químicos, imagens, entre outros. (TREAGUST et al., 2003). Quanto ao aspecto submicroscópico, entende-se que este representa as entidades inferidas no aspecto macroscópico (GILBERT 2008). Este nível é representado pelas partículas da matéria (átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.). As ferramentas descritas acima, como vídeos e imagens, e ainda, modelos físicos, podem ser utilizadas para representar este aspecto. A importância deste nível está no fato de que ele é o único tipo que descreve a natureza particulada da matéria, o que é necessário para o entendimento dos fenômenos químicos (GKITZIA, 2011). O aspecto simbólico consiste de qualquer símbolo utilizado para representar os itens representados no nível submicroscópico como, por exemplo, equações químicas, matemáticas, símbolos químicos, etc.

De acordo com Gilbert (2008), o entendimento de um fenômeno químico está baseado no desenvolvimento da habilidade de se mover mentalmente entre estes três níveis. Esta habilidade pode ser considerada um desafio para muitos estudantes e esta é desenvolvida na medida em que este avança em seus conhecimentos químicos.

Diante disso, sabe-se que algumas imagens presentes nos livros didáticos representam os três níveis dimensionais discutidos acima (SCALCO, 2014). No entanto, mesmo que estas representações estejam presentes nos recursos didáticos utilizados nas escolas, isso pode não assegurar aos estudantes um ‘melhor’ entendimento dos conceitos estudados (GKITZIA, 2011), nem provocar no estudante que desenvolva uma habilidade de se mover mentalmente entre esses três níveis. Isso dependerá de todo o processo. Nesse sentido, pesquisas buscam compreender o papel da imagem no ensino de Química, como estão sendo apresentadas nos livros didáticos, quais são os níveis dimensionais representados, quais as relações que estas apresentam com o texto, e se, no geral, elas auxiliam na compreensão dos conceitos discutidos no texto (AINSWORTH e LOIZOV, 2003; LEMES, SOUZA e CARDOSO, 2010; GKITZIA, 2011; FERREIRA e ARROIO, 2013; GIBIN e FERREIRA, 2013; SCALCO, 2014).

1.3 O TEXTO NOS LIVROS DIDÁTICOS

O processamento de textos demanda compreensão da informação apresentada e a integração com o conhecimento prévio que o indivíduo possui (van den BROEK, 2010). Muitos modelos teóricos de aprendizagem com texto sugerem que a compreensão da leitura requer construir representações mentais coerentes que capturem o atual significado do texto. Para que esta representação seja coerente, o indivíduo deve ser capaz de conectar conceitos centrais do texto e incorpora-los com seu conhecimento prévio, para assim construir uma representação mental que gere uma descrição interpretada daquilo que foi lido. Este modelo mental será criado de forma coerente e adequada se houver na estrutura cognitiva do indivíduo um conhecimento prévio adequado (KENDEOU et al., 2014).

Devido as limitações da memória de trabalho, o indivíduo nem sempre é capaz de interagir com todos os elementos do texto. Durante a leitura, o conteúdo da memória de trabalho do indivíduo é continuamente atualizado. Conseqüentemente, as relações entre elementos em um texto são mais prováveis de serem estabelecidas se esses elementos forem ativados ao mesmo tempo. (van den BROEK, 2010). A criação de relações efetivas entre elementos em um texto é afetada pela organização do texto e pela complexidade verbal, que influenciam o que elementos são ativados e quando isso acontece. O conhecimento prévio do indivíduo também afeta a qualidade das conexões estabelecidas, tornando o melhor formato de textos dependente da natureza do público. Um indivíduo com um fraco conhecimento prévio frequentemente se beneficia de um texto altamente coerente, enquanto indivíduos com históricos mais fortes se lembram mais de textos um pouco incoerentes que estimulam o processamento ativo durante a leitura (MCNAMARA et al., 1996; KENDEOU; van den BROEK, 2007).

Elementos suplementares, como imagens ou atividades, promovem o aprendizado a partir de textos, se aumentarem a probabilidade de ativação simultânea da informação a ser conectada (BUTCHER, 2006). As imagens apoiam a compreensão quando facilitam e promovem a construção de uma representação mental apropriada à tarefa (SCHNOTZ, 2002; SCHNOTZ; BANNERT, 2003). O impacto é mais significativo para leitores com pouco conhecimento prévio, mas com alta capacidade cognitiva espacial. Os efeitos positivos das imagens embutidas na recordação e compreensão do texto aumentam quando essas visualizações servem para funções

interpretativas (facilitar a compreensão de conceitos abstratos) ou transformacionais (facilitar processos cognitivos específicos) (CARNEY; LEVIN, 2002).

No ensino de Química, a pesquisa existente destaca os benefícios que a incorporação de a representação visual de entidades e fenômenos químicos tem sobre a capacidade dos alunos de responder corretamente às questões, resolver problemas e construir explicações razoáveis (GILBERT; TREAGUST, 2009; WU; SHAH, 2004; GILBERT, 2006; GILBERT, 2008). Existe menos informação sobre até que ponto as representações visuais, ou a combinação dessas visualizações e texto, apoiam o raciocínio mecanicista em química. Este estudo foi projetado para aumentar a compreensão a esse respeito.

1.4 A RELAÇÃO DAS IMAGENS COM O TEXTO

As imagens presentes nos livros didáticos têm como objetivo representar os conceitos descritos no texto. Estas podem apresentar diferentes graus de relação com o texto, podendo ser uma relação direta, indireta ou não apresentarem relação (OTERO, 2002; GKITZIA, 2011).

Quando as imagens apresentam relação direta com o texto, estas representam aquilo que está sendo discutido neste. Elas são consideradas essenciais para que o leitor compreenda os conceitos descritos no texto e vice-versa, ou seja, o texto também é necessário para compreensão das imagens. Este tipo de relação proporciona ao estudante uma leitura mediada por texto e imagens que se comunicam e tendem a proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos discutidos.

As imagens também podem apresentar relação indireta ou parcial com o texto, as quais são caracterizadas geralmente por representarem exemplos que explicam o que o texto está descrevendo, mas não necessariamente abordam exatamente aquilo que o texto diz. Este tipo de relação tem ação complementar ao texto, podendo não proporcionar ao estudante a compreensão daquilo que está sendo descrito no texto, no entanto faz com que este busque também fazer relações com exemplos diferentes dos que estão sendo discutidos no texto.

Algumas imagens presentes nos livros didáticos não possuem nenhuma relação com o texto, sendo apenas imagens ilustrativas daquele capítulo, as quais não possuem um papel importante na compreensão dos conceitos descritos no texto deste capítulo.

Considerando que o livro didático é amplamente utilizado na educação básica, é necessário entender como este recurso é constituído e como este pode ser utilizado de uma forma que auxilie o estudante na compreensão dos conceitos estudados. As imagens que possuem uma relação direta ao texto que as acompanham tendem a auxiliar o estudante na compreensão dos conceitos discutidos naquele capítulo. O texto se comporta como um mediador para a interpretação da imagem e a imagem se comporta como um mediador para a interpretação do texto.

A relação de dependência entre texto e imagem é destacada como aspecto facilitador da compreensão dos conceitos discutidos em ambos. Isso se deve ao fato de que todo conhecimento construído é comunicado para a comunidade científica por meio de várias modalidades, dentre elas o texto (EILAM; GILBERT, 2014) e, sendo a Química uma ciência explicada por muitos modelos e conceitos abstratos (PAULETTI, 2003), é geralmente representada por aspectos visuais (imagens, por exemplo). Isso faz com que texto e imagem possuam uma relação de dependência para a ciência, e quando esta relação está presente nos livros didáticos tende a favorecer a compreensão dos conceitos químicos estudados. Schnotz e Bannert (2003) aponta que muitas pesquisas em aprendizagem a partir de múltiplas representações externas têm focado a combinação entre texto e imagem, enfatizando que a informação textual é melhor compreendida ou lembrada quando acompanhada por imagens.

De acordo com a teoria de codificação dual de Paivio (1986), textos quando combinados com imagens levam a estruturas cognitivas mais elaboradas que textos utilizados sem imagens. Esta teoria prediz que os aprendizes que recebem texto e imagem são capazes de resolver problemas com maior facilidade que aqueles que recebem alguma atividade sem imagens.

Levie e Lentz (1982) apresentam algumas possíveis funções das ilustrações presentes nos textos, as quais são:

- Atenção: Atrair e direcionar a atenção do estudante ao material;
- Afetiva: Aumentar o prazer e afetar as emoções e atitudes do estudante;
- Cognitiva: Facilitar a aprendizagem do conteúdo, aumentando a compreensão e retenção e promovendo informações adicionais;
- Compensatória: Auxilia a aprendizagem de estudantes com uma estrutura cognitiva pobre.

Considerando estas funções, pode-se compreender que as imagens afetam a forma como o leitor irá interagir com o texto.

Uma pesquisa realizada com cinco livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2012 para os capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas mostrou que a maioria das imagens (aproximadamente 80%) estão diretamente relacionadas ao texto (SCALCO, 2014). Este valor indica que os autores dos livros didáticos estão se preocupando em utilizar imagens que não tenham apenas um papel ilustrativo no livro didático, mas que se relacionem com a sequência de conteúdos apresentadas em cada livro.

Esta relação direta ao texto também não indicará que esta imagem realmente tenha potencial em auxiliar a compreensão do texto e vice-versa. É preciso que ambos (texto e imagens) sejam elaborados de forma conceitualmente adequada, apresentando elementos que possibilitem uma melhor interação e interpretação do que está sendo discutido e representado em cada um, respectivamente.

Algumas características que são consideradas importantes de serem apresentadas numa imagem, por exemplo, é que esta apresente:

- Etiquetas: letras, palavras ou textos que identifiquem elementos da imagem e descrevam as relações entre estes (PERALES; JIMÉNEZ, 2002);
- Legendas: a presença de legenda auxilia na compreensão do que esta imagem está representando, tendo a função de trazer aspectos relevantes para a interpretação da imagem (GKITZIA, 2011)
- Os aspectos dimensionais do conhecimento químico: referente aos aspectos macroscópico, submicroscópico e simbólico, os quais foram descritos no tópico 1.2.

Considerando os aspectos discutidos até aqui, pode-se dizer que, quando uma imagem contempla em sua constituição estas características e apresenta um grau de relação direta ao texto, a interpretação de ambos (texto e imagens) tende a ser facilitada, considerando que estes elementos tendem a aumentar a relação entre texto e imagens e diminuir o nível de abstração que o estudante necessita alcançar para compreender os conceitos químicos estudados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentada a fundamentação teórica que orientou o desenvolvimento desta pesquisa. Serão discutidos alguns aspectos relacionados aos tipos de representações presentes no ensino de Química e uma abordagem de como estudante interage com estas representações de acordo com sua estrutura cognitiva, compreendendo quais os tipos de raciocínio que os indivíduos podem apresentar.

2.1 A SIGNIFICAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com Taber (2001), o conhecimento químico tem um caráter abstrato devido às entidades químicas que não são visíveis, como os átomos, íons, moléculas, elétrons, etc. Conforme o autor aponta, não importa quão bem essas entidades reflitam a realidade, ela não está diretamente acessível para o aprendiz. Nesse sentido, modelos são criados pelos cientistas e professores para representar este conhecimento e o tornar acessível.

Os autores Eilam e Gilbert (2014) apontam que todo conhecimento construído é comunicado à comunidade científica por meio de várias modalidades, dentre elas textos e imagens. Eles afirmam que uma das tarefas do professor para inserir o estudante no mundo científico é

ensiná-los sobre modelos e representações, expor os estudantes a esta diversidade de representações e características, usa-las para promover o entendimento do fenômeno e desenvolver a habilidade dos estudantes de pensar com representações como os cientistas fazem (EILAM; GILBERT, 2014, p.3) (tradução nossa).

Esta não é uma tarefa fácil pois, como os autores apontam, as representações para os fenômenos científicos são difíceis de entender, sendo em muitos casos complexas, apresentando os aspectos dimensionais do conhecimento químico e relações muitas vezes implícitas ou explícitas, fazendo com que o professor tenha que se preparar e adquirir também certas habilidades para o uso de representações (EILAM; GILBERT, 2014).

De acordo com Gilbert (2008), uma representação pode ser compreendida como algo que

descreve alguma coisa ou alguém em uma pintura, fotografia ou mesmo em palavras. O autor descreve este termo em dois tipos: a representação externa e a representação interna. Uma representação externa é aquela que está em domínio público e a interna é aquela construída na mente do indivíduo.

Representações externas, como discutido por Gilbert (2008), são todas as ferramentas didáticas visuais que podem ser utilizadas no Ensino de Química. Elas têm a função de representar o conhecimento de forma a auxiliar o estudante na construção de suas representações mentais ou internas. As representações externas podem ser compreendidas em duas categorias: representações estáticas e dinâmicas (LOCATELLI, 2014). As representações estáticas compreendem as imagens, as quais podem ser figuras, fotografias, gráficos, tabelas, mapas e desenhos, enquanto que as representações dinâmicas compreendem os vídeos, animações, simuladores, softwares e modelos moleculares.

Estas ferramentas visuais, como dito anteriormente, podem auxiliar na construção das representações internas dos indivíduos. Neste processo, pode ou não ocorrer interação entre a representação externa e aquilo que o aluno já sabe, conforme pode ser visto no esquema representado na Figura 1.

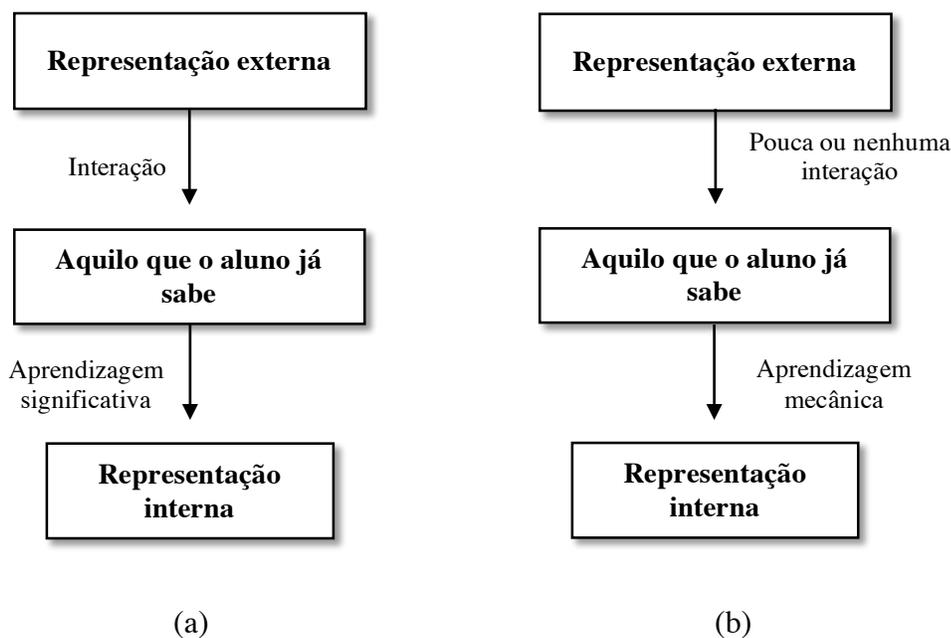


Figura 1: Representação da construção da representação interna na mente do indivíduo considerando uma aprendizagem (a) significativa e (b) mecânica.

Fonte: Do autor.

Como pode ser visto na Figura 1-a, ao utilizar uma representação externa no processo de aprendizagem e esta se relacionar com o conhecimento que o estudante possui em sua estrutura cognitiva, haverá a formação de uma representação interna por meio de uma aprendizagem chamada significativa (MOREIRA; MASINI, 2001).

No entanto, neste processo pode ser que não ocorra interação da representação externa com o conhecimento prévio que o estudante possui em sua estrutura cognitiva, ou haja pouca interação, como é representado na Figura 1-b, e mesmo assim uma representação interna é formada na mente do estudante. Moreira e Masini (2001) apontam que este tipo de aprendizagem onde há pouca ou nenhuma relação com conceitos relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo é chamada de aprendizagem mecânica. Nesse sentido, entende-se que a representação interna formada na mente do indivíduo pode ser fruto de uma aprendizagem mecânica sem relações com os conceitos prévios presentes em sua estrutura cognitiva. Este tipo de aprendizagem não é considerada errada, sendo muitas vezes o percurso para se chegar a uma aprendizagem com significados.

Todavia, um dos objetivos ao se utilizar uma representação externa no processo de ensino é que o estudante construa representações internas conceitualmente corretas. Não se sabe se a representação interna formada por ambos caminhos representados na Figura 1 estejam corretas. Nesse sentido, Locatelli (2011) aponta que existe um processo chamado metavisualização que é capaz de fazer com que o aluno modifique as suas próprias representações internas se estas, por exemplo, estiverem conceitualmente erradas.

Metavisualização é um termo que pode ser entendido como a capacidade que o estudante tem de pensar sobre suas representações internas. Este processo é descrito por Gilbert (2006) como o monitoramento e regulação das representações internas de um indivíduo. Isso se dá a partir de uma ação reflexiva chamada metacognição (FLAVELL, 1976) aplicada ao uso de visualizações. Quando o indivíduo aprende a refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem, o resultado é a autonomia que este cria em sua forma de aprender. Este processo reflexivo leva o indivíduo a um monitoramento e controle sobre o seu processo de aprendizagem. Neste caso, é possível que as representações internas criadas na mente do estudante sejam monitoradas e reguladas, de forma que este, ao refletir sobre suas próprias representações internas, identifique se existem aspectos necessários de serem modificados.

Quanto ao processo de aprendizagem utilizando-se de representações visuais, Levie e Lentz (1982) apontam em seus estudos que estas, em certos casos, auxiliam mais alguns estudantes que

outros. Isso leva em consideração a estrutura cognitiva de cada sujeito e seus conhecimentos prévios. Por exemplo, alguns estudantes usam as imagens presentes nos livros didáticos apenas para checar rapidamente as características descritas no texto, enquanto que outros estudantes precisam destas imagens para compreender aquilo que está descrito no texto.

Nesse sentido, é possível compreender que, na maioria das vezes o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do estudante irá influenciar a maneira com que este irá interagir com as representações visuais utilizadas no ensino. As representações, sendo estáticas ou dinâmicas, podem auxiliar na construção de suas representações internas. Estudantes com uma estrutura cognitiva mais desenvolvida utilizarão as representações visuais apenas como um recurso auxiliar, enquanto que estudantes com uma estrutura cognitiva menos desenvolvida serão mais dependentes destas representações para compreender as informações textuais e formarem suas representações internas (LEVIE; LENTZ, 1982).

2.2 PADRÕES DE RACIOCÍNIO DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO ÀS SUAS CONCEPÇÕES CONCEITUAIS

As representações externas podem ser consideradas mediadoras no processo de aprendizagem, visto que podem interagir com o conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do estudante, formando suas representações internas.

Ao utilizar uma representação visual no processo de aprendizagem, o estudante pode apresentar padrões de raciocínio em níveis diferenciados, os quais são determinados muitas vezes pela interação com o conhecimento prévio que estes possuem em sua estrutura cognitiva ou pela maneira com que esses conhecimentos estão organizados nesta estrutura.

A estrutura cognitiva, segundo Moreira (1999), é compreendida como o conteúdo total de ideias que um indivíduo possui e sua organização. Ela pode ser considerada um complexo organizado onde as novas informações são incorporadas numa estrutura da mente do indivíduo, as quais podem ser manipuladas e utilizadas no futuro (MOREIRA; MASINI, 2001).

A maneira com que estes conhecimentos estão organizados na estrutura cognitiva do indivíduo pode influenciar a forma com que este irá interagir com o novo conhecimento, ou mesmo

com as ferramentas utilizadas no processo de ensino, enfatizando-se neste caso as representações visuais. Os padrões de raciocínio apresentados pelos estudantes ao interagir com um novo conhecimento podem ser caracterizados como descritos a seguir.

2.2.1 Raciocínio Mecanístico e Raciocínio estrutural

O raciocínio dos estudantes também pode ser classificado quanto ao seu grau de articulação e fundamentação, que pode ser denominado de raciocínio mecanístico (RUSS et al., 2008). De acordo com os autores, um raciocínio mecanístico está baseado em uma argumentação científica, na sofisticação dos argumentos dos estudantes. No processo de aprendizagem, o estudante apresenta este tipo de raciocínio com suas afirmações, ao dar suporte às suas afirmações com evidências e contra-argumentos.

Não há uma definição geral para este tipo de raciocínio, no entanto, de acordo com os estudos encontrados na literatura (DISESSA, 1993; HAMMER, 2004; RUSS et al., 2008), é possível compreender que um raciocínio mecanístico está na capacidade do estudante em generalizar conceitos importantes, identificando relevantes agentes de um processo, as interações entre estes agentes e o processo que resulta destas interações. É a capacidade de olhar o conhecimento como um todo e fazer generalizações, relacionando os principais conceitos que explicam um fenômeno.

No ensino de Química, o raciocínio mecanístico está frequentemente baseado na análise da composição e estrutura de componentes submicroscópicos de um sistema que são usados para construir links conectando as propriedades e comportamento dos componentes com as propriedades e comportamentos do sistema no nível macroscópico, construindo relações estrutura-propriedade (SCALCO et al., 2018). A construção de explicações mecanísticas em química é complexa, requerendo diferenciação de conceitos definidos em diversas escalas, integrando diferentes tipos de conhecimento e identificando e avaliando os efeitos de múltiplas variáveis que possam afetar o comportamento de um sistema (TALANQUER, 2017).

Wulf, Hinko e Finkelstein (2013) apontam que o raciocínio mecanístico desempenha um importante papel na educação científica. Os autores afirmam que muitas aulas de ciências estão

ancoradas no aprender aquilo que é “correto” de acordo com o conhecimento apresentado nos livros texto. No entanto, este método entra em contraste com a forma utilizada pelos cientistas, que baseiam seus estudos em evidências, modelos e argumentos. Neste ponto o autor defende que os estudantes precisam desenvolver esse raciocínio mecanístico, onde os alunos terão maior capacidade de argumentação, formulando explicações a partir de fenômenos observáveis num processo investigativo.

Chin e Brown (2000) apresentam em seu trabalho uma comparação entre abordagens superficiais e abordagens mais profundas no processo de aprendizagem em ciência. De acordo com os autores, estudantes apresentam uma abordagem mais profunda de aprendizagem quando estes apresentam suas ideias mais espontaneamente, explicações mais elaboradas e fazem previsões, ao passo que estudantes que apresentam uma abordagem superficial de aprendizagem apresentam explicações que muitas vezes são reformulações de questões ou apenas apresentam descrições do aspecto macroscópico, ou seja, daquilo que é visível. Esta abordagem de Chin e Brown (2000) se relacionam ao chamado raciocínio mecanístico e estrutural, respectivamente.

Ao utilizar uma representação visual no processo de ensino e aprendizagem, por exemplo, o estudante pode apresentar um raciocínio mecanístico quando seus argumentos se baseiam na identificação de aspectos relevantes presentes nesta representação, fazem relações entre estes aspectos e apresentam uma generalização para o fenômeno observado. Suas explicações geralmente abordam o aspecto submicroscópico, descrevendo entidades não observáveis e as relações existentes entre elas, ou seja, suas explicações não ficam apenas no campo fenomenológico, naquilo que é observável, mas avançam na explicação dos modelos (CHIN; BROWN, 2000).

Quando o estudante apresenta respostas mais baseadas em observações e descrições daquilo que pode ser visualizado, Chin e Brown (2000) classificam esta abordagem como superficial ou estrutural. Este tipo de explicação não apresenta argumentos que explicam ‘por que’ ou ‘como’ um evento ocorreu, muitas vezes são explicações gerais sem profundidade, sem relações significativas nem argumentos que sustentem estas relações.

Os padrões de raciocínio em uma atividade envolvendo representações visuais, como em qualquer outra atividade, podem ser classificados como mecanístico ou estrutural. Estes podem ser classificados, como descrito anteriormente, de acordo com os níveis de profundidade das respostas dos estudantes, de como estes interagem com os materiais utilizados.

2.2.2 Raciocínio Coerente e Raciocínio Fragmentado

O raciocínio dos estudantes pode ser caracterizado quanto ao grau de coerência que apresentam. Alguns trabalhos, como diSessa; Gillespie; Esterly (2004), Shtulman; Valcarcel (2012); Taber (2014), apresentam uma discussão a respeito do conhecimento científico e intuitivo apresentado pelos estudantes, conhecimentos os quais podem ser caracterizados como coerente ou fragmentado.

De acordo com Shtulman e Valcarcel (2012), todo estudante entra na sala de aula com um conhecimento prévio que pode interferir na sua aprendizagem. Os autores apontam que a tarefa de cada professor, além de ensinar o conhecimento científico, é identificar essas concepções prévias e ajudar os estudantes as modificarem quando estas não forem coerentes ou precisas. Os autores ressaltam que muitos psicólogos que estudam este processo, chamado de mudança conceitual, caracterizam esta mudança como a transição de teorias ingênuas para teorias científicas. No entanto, apontam também que estudos recentes mostram que estes conceitos considerados errados podem emergir novamente em algum momento da vida do indivíduo. Em certos casos o novo conhecimento serve, como os autores apontam, para mascarar as concepções ingênuas dos estudantes, ao invés de ocorrer uma mudança conceitual. Esta intuição inicial pode prevalecer na mente do estudante para sempre.

diSessa, Gillespie e Esterly (2004) apontam em seu trabalho aspectos relacionados à coerência e fragmentação de ideias intuitivas ou ingênuas apresentadas pelo estudante. De acordo com os autores, no âmbito em que o conhecimento apresentado pelo estudante é considerado fragmentado, num debate em sala de aula, por exemplo, é menos provável que o estudante decida rejeitar suas concepções fragmentadas e ficar com as conceitualmente corretas, o que pode ser considerado mais efetivo para estudantes com um conhecimento considerado coerente, onde poucas alternativas podem ser consideradas efetivas para a compreensão conceitual.

De acordo com diSessa (1993), Smith et al., (1993) e Taber (2014), a falta de coerência no pensamento do estudante pode ser classificada de “conhecimento em peças”. Heisterkamp e Talanquer (2015) discutem que o conhecimento em peças se relaciona a um conhecimento mais fragmentado. Isto não significa que todo conhecimento intuitivo que o estudante apresentar será incoerente ou fragmentado, pois como discutido anteriormente por diSessa, Gillespie e Esterly

(2004), pode haver um grau de coerência provinda deste conhecimento. No entanto, quando o pensamento do estudante for caracterizado como fragmentado, este será considerado ‘em peças’.

O conhecimento fragmentado pode ser oriundo de um ensino onde não há relação entre conceitos. Neste caso, o estudante aprende os conteúdos separadamente sem que haja uma relação geral entre eles. Este caso reflete o que acontece em muitos livros didáticos, os quais muitas vezes apresentam os conteúdos de forma não relacionada. Esta falta de relação faz com que a aprendizagem do estudante ocorra em partes, caracterizando um conhecimento fragmentado.

Diante disso entende-se que, no processo de ensino, o professor deve atentar-se para o conhecimento que o aluno traz para a sala de aula. Ao compreender a natureza deste conhecimento (se intuitivo ou científico), o professor deve ser capaz de identificar formas a contribuir para que o estudante, em seu processo de aprendizagem, adquira a capacidade de refletir sobre seu conhecimento, num processo metacognitivo (LOCATELLI, 2014) e, se necessário, apontar caminhos para que haja uma mudança conceitual ou uma reorganização destes conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva, de modo que estes conhecimentos estejam prontos para serem usados num novo processo de aprendizagem.

Diante disso, ao interagir com uma representação visual, por exemplo, o estudante pode apresentar um raciocínio mais coerente ou mais fragmentado, o que pode ser resultado do conhecimento prévio que este apresenta em sua estrutura cognitiva e as relações entre esses conhecimentos com a nova informação. Quando um estudante interpreta uma imagem e apresenta relações conceituais corretas em sua resposta, seu raciocínio pode ser considerado coerente. Ao interpretar uma imagem e abordar conceitos corretos, mas não apresentar relações entre estes, seu raciocínio pode ser considerado coerente, com certo grau de fragmentação. Quando o estudante não apresenta conceitos corretos, seu raciocínio é considerado incoerente.

Nesse sentido, de acordo com o que foi discutido aqui, pode-se dizer que o conhecimento que o estudante apresenta em sua estrutura cognitiva é importante no processo de aprendizagem, podendo este ser um conhecimento científico ou intuitivo. É importante que, se este conhecimento intuitivo não for considerado coerente, sejam proporcionados ao estudante durante seu processo de aprendizagem a capacidade de adquirir novos conhecimentos que o auxiliem na compreensão de uma nova informação. Moreira e Masini (2001) apontam que o uso de organizadores prévios pode ser útil para a formação de conceitos quando estes não estão disponíveis na estrutura cognitiva do estudante e sejam considerados importantes para uma aprendizagem subsequente. Estes

organizadores prévios, de acordo com Moreira e Masini (2001), “são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido (p. 21)”. Nesse sentido, estes organizadores podem auxiliar a organizar a estrutura cognitiva do indivíduo, auxiliando-o a realizar relações entre aquilo que ele já sabe com a nova informação (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

3 METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a abordagem metodológica que orientou o desenvolvimento desta pesquisa, considerando a questão de pesquisa, os objetivos pretendidos de serem alcançados, bem como o tipo de técnica utilizada para organização e análise das informações.

3.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A partir do que foi exposto anteriormente, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa que norteou o desenvolvimento deste trabalho:

“De que maneira as representações visuais (imagens) elaboradas para construir um material didático para o ensino de Química influenciam o entendimento do conceito de forças intermoleculares? ”

Com esta questão de pesquisa, pretendeu-se compreender quais as contribuições das representações visuais (imagens) para a compreensão do texto escrito no processo de aprendizagem do conceito de forças intermoleculares.

3.2 OBJETIVOS

De acordo com a questão de pesquisa norteadora deste trabalho, seguem-se então os objetivos geral e específicos:

Geral:

- Compreender de que maneira as representações visuais (imagens) podem contribuir com o aprendizado do conceito de forças intermoleculares.

Específicos:

- Levantar as concepções dos estudantes de graduação em Química a respeito dos conteúdos de polaridade, solubilidade e forças intermoleculares;
- Entender de que maneira os estudantes interagem com um material didático elaborado constituído por imagens e como estas influenciam o entendimento do texto;
- Compreender de que maneira a relação entre texto e imagens colabora com o entendimento dos estudantes.

3.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este estudo foi desenvolvido pautado numa abordagem de pesquisa qualitativa que, de acordo com Minayo, Deslandes e Gomes (2009), é um tipo de pesquisa que responde perguntas particulares e trabalha com significados. Esta abordagem pode ser compreendida como um método que tem como interesse buscar interpretações para fenômenos complexos em profundidade (FLICK, 2009). Segundo Gil (2008), uma pesquisa qualitativa tem como características a descrição, compreensão e explicação de determinado fenômeno, entre outras, buscando resultados fidedignos.

Em geral, buscou-se nesta pesquisa interpretar o raciocínio dos estudantes nas entrevistas realizadas com o intuito de compreender de que maneira o material didático elaborado colabora com o entendimento dos estudantes.

Esta abordagem de pesquisa teve um caráter explicativo que, de acordo com Gil (2008), caracteriza-se como uma abordagem que se preocupa em identificar “fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos” (p. 28). Gerhardt e Silveira (2009) apontam que este tipo de pesquisa busca aprofundar o conhecimento da realidade na tentativa de explicar a razão e porquê das coisas. Ela pode ser a continuação de uma pesquisa de caráter descritivo pois sua explicação profunda depende de fenômenos suficientemente descritos e detalhados.

Considerando a natureza desta pesquisa, serão descritos a seguir as etapas procedimentais, os instrumentos utilizados para coleta das informações, os sujeitos e o ambiente em que a pesquisa se desenvolveu e como se deu o processo de análise das informações coletadas.

3.3.1 Procedimentos Metodológicos

Este projeto foi desenvolvido de acordo com as seguintes etapas:

1. Realização de uma atividade experimental para levantar as concepções dos estudantes de graduação em Química em relação ao conceito de forças intermoleculares.

Nesta etapa foi realizada uma atividade experimental conduzida por meio de entrevista semiestruturada. No decorrer desta atividade, os estudantes expressaram suas concepções a respeito dos conceitos que explicam porque duas substâncias interagem ou não. O objetivo de tal atividade foi identificar qual o entendimento dos estudantes a respeito do tema forças intermoleculares e dos conceitos que explicam tal conteúdo. Nesta etapa, 13 estudantes matriculados no curso de Química Geral da *University of Arizona* se voluntariaram para participar desta atividade. As entrevistas foram realizadas individualmente em laboratório de aulas experimentais desta universidade.

2. Elaboração de um material para ensinar o conteúdo de Forças Intermoleculares.

Este material foi elaborado com texto e representações visuais (APÊNDICE 2), com o objetivo de representar os conceitos que explicam as interações entre as substâncias água e tetracloreto de carbono, representando nas imagens as dimensões do conhecimento químico. Para realização desta etapa utilizou-se o software *Corel Draw X6*, o qual possibilitou a elaboração de imagens que representassem o fenômeno em questão.

3. Avaliação do potencial deste material em auxiliar o estudante no processo de aprendizagem.

Esta etapa ocorreu através de entrevistas individuais com os diferentes sujeitos desta pesquisa, que serão caracterizados na seção 3.3.3, visando entender como o estudante tende a interagir com o material visual (imagens) e se isto se modifica quando o texto é utilizado juntamente com as imagens. O material foi avaliado por estudantes voluntários matriculados na disciplina de Química Geral da *University of Arizona* (10 estudantes) e Universidade Federal de Alfenas (9 estudantes). Destaca-se que em ambas as universidades, os estudantes já haviam estudado o conteúdo em questão na disciplina de Química Geral.

4. Análise das informações obtidas.

As informações obtidas a partir das entrevistas foram analisadas de acordo com categorias posteriormente elaboradas, que buscaram encontrar relações entre os diferentes padrões de raciocínio apresentado pelos estudantes. Estas categorias foram elaboradas levando em consideração algumas hipóteses levantadas após transcrição das entrevistas. Este tipo de análise foi baseado na análise de conteúdo.

3.3.2 Instrumentos utilizados para coleta das informações

Foram elaborados os seguintes instrumentos para coleta de informações:

a. Atividade experimental

Uma atividade experimental sobre o tema solubilidade e polaridade das substâncias foi utilizada como um instrumento para coletar informações daquilo que os estudantes compreendiam a respeito deste tema. Este experimento foi conduzido de forma individual por meio de entrevistas semiestruturadas, sendo possível identificar as concepções dos estudantes, revelando conceitos importantes de serem abordados no material didático composto por texto e imagens. A condução desta atividade e como estas concepções levantadas guiaram a elaboração do material serão descritas posteriormente.

b. Material didático composto por texto e imagens;

Um material composto por texto e imagens foi elaborado para explicar o conteúdo de forças intermoleculares, abordando as relações conceituais necessárias para a compreensão deste conteúdo (APÊNDICE 2). Para elaboração deste material, levou-se em consideração as concepções dos estudantes levantadas durante a atividade experimental.

Este material foi utilizado por estudantes do ensino superior, com o intuito de observar como o estudante interage com um material composto apenas por imagem, com texto e imagem ou

apenas com texto, buscando compreender a influência das representações visuais na compreensão do texto escrito. A forma como esta etapa ocorreu será descrita em detalhes nos resultados.

Embora este seja um material elaborado para uso no ensino médio, sua elaboração foi baseada em atividades com estudantes do ensino superior. Optou-se por elaborar e avaliar este material com estes estudantes, pois na maioria dos casos, acabaram de sair do ensino médio e entraram na universidade, sendo a disciplina de Química Geral introdutória na maioria dos cursos que a contém em suas matrizes curriculares. Sendo assim, entende-se que os estudantes tendem a possuir em sua estrutura cognitiva os conceitos prévios necessários para compreender o conteúdo abordado neste material, auxiliando em sua validação. Posteriormente pretende-se utiliza-lo com alunos do ensino médio.

c. Entrevistas semiestruturadas

As entrevistas são geralmente empregadas em pesquisas qualitativas a fim de obter informações que instrumentos ‘fechados’ e ‘padronizados’ podem não oferecer (SZYMANSKI, 2004). De acordo com o autor, este instrumento pode ser considerado como uma conversação entre duas pessoas a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, num processo interativo.

Uma entrevista semiestruturada é realizada a partir de um guia de entrevista que permite flexibilidade ao entrevistador durante a entrevista. Isto significa que as questões podem não seguir a ordem prevista no guia de questões, ou até mesmo questões serem inseridas ou retiradas, de acordo com as respostas do indivíduo entrevistado (GIL, 2008).

As questões utilizadas como guia no decorrer das entrevistas foram se modificando de acordo com as respostas do entrevistado. Todas as entrevistas foram conduzidas pelo pesquisador deste trabalho, sendo os áudios gravados com autorização prévia do entrevistado e, posteriormente, transcritas para categorizações e análises. As entrevistas com os estudantes americanos foram conduzidas na língua inglesa e com os estudantes brasileiros na língua portuguesa, sendo transcritas pelo pesquisador. Durante todo o trabalho, alguns trechos de entrevistas serão apresentados para exemplificação e discussão dos resultados. No entanto, todas as transcrições encontram-se nos Apêndices 9 e 10 no final deste texto. Para padronização de entrevistador e entrevistado, utilizou-se a seguinte legenda:

- I: Interviewer e S: Student, para as entrevistas realizadas na língua inglesa;
- E: Entrevistador e A: Aluno, para as entrevistas realizadas na língua portuguesa.

As entrevistas foram conduzidas individualmente em duas etapas:

1^a. Atividade experimental com estudantes americanos;

Nesta etapa, os estudantes foram submetidos à uma atividade experimental individual em que estes deveriam realizar alguns procedimentos em laboratório, os quais consistiram em misturar algumas substâncias, tais como: água, tetracloreto de carbono, iodo e sulfato de cobre. Durante a execução de tais procedimentos, os estudantes eram questionados a respeito do que estavam compreendendo, devendo explicar aquilo que estavam observando, como pode ser observado no exemplo a seguir:

I. First question, what do you observe in this system?

S. Oh, these two substances do not mix.

I. Why do you think they don't mix?

S. Ann I don't think they mix because is probably the carbon tetrachloride are more attract each there only molecules, the near are with water going to adopt a high number of configurations and when neither (?) ..itselfs interact with the water..

I. Okay. And what about the polarity of these molecules?

S. Water is polar.

I. Why water is polar? If you want, you can draw.

S. Water (student draw), so they have a more difference in electronegativity, so, ...so there's dipole moments move...to oxygen. If you just draw the some, there's no dipole in attraction.

I. Okay. And about the carbon tetrachloride?

S. Carbon tetrachloride is...(Student draw). Ann...so, carbon tetrachloride I think is non polar. Non polar.

I. Why?

S. Its symmetry, actually no, it is polar. Because I think about the tridimensional shape, the dipole moment is in carbons create some ..dipole. But is hard to see in this draw.

I. Is there dipole moment in this molecule?

S. Yes, so, (student draw). The dipole are canceled, these dipoles going to the carbon...to the carbon. One dipole..and have a dipole...They are canceled.

I. They are canceled. Okay. And why do you think the polar and non polar don't mix?

S. Ann..I think its because, polar and non polar substances I don't think they would mix, because I think that a higher affinity to be with itselfs, like think It can interact with other types of the molecules or non polar, they can interact, but they will much interact with itselfs.

I. Okay. Do you think there isn't any interaction between these substances?

S. Well... this bubbles here is, its bubbles here, I think that a point where they maybe wont to or kind of interaction, just not strongly with each other."

Estas perguntas os fizeram refletir sobre o que acontecia ao misturarem as substâncias citadas acima e suas explicações revelaram aquilo que eles compreendiam a respeito dos conceitos de polaridade, solubilidade e forças intermoleculares. Esta etapa foi importante para a elaboração do material didático.

2ª. Avaliação do material didático elaborado, com estudantes americanos e brasileiros.

Nesta etapa, o material elaborado foi avaliado pelos sujeitos desta pesquisa a partir de entrevistas semiestruturadas. As entrevistas ocorreram em três momentos: (a). Material composto somente de imagens; (b) Material composto de texto e imagens; (c) Material composto somente de texto (FIGURA 2).

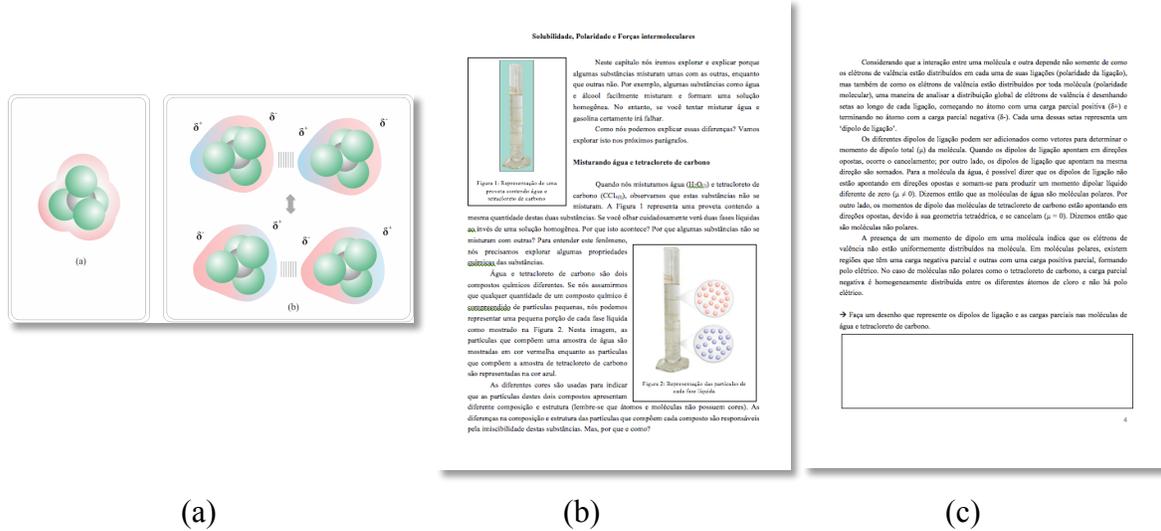


Figura 2: Exemplos do material didático elaborado para os diferentes momentos de entrevista: a. Somente imagens, b. Texto e imagens, c. Somente texto.

Fonte: Do autor.

Em cada um destes momentos, cada estudante recebeu o material (página por página ou imagem por imagem), onde tiveram um tempo para observar e ler as informações de cada uma. Os estudantes foram questionados em relação ao que entenderam em cada um destes materiais e o que estes estavam tentando transmitir. As respostas dos estudantes influenciavam a continuidade da entrevista, dando abertura para novas questões, como pode ser observado no exemplo abaixo, um trecho de uma entrevista que ocorreu somente com imagens:

“E: Que que você acha que quarta imagem ta representando?”

A: Ta representando justamente o que eu falei, o que que eu observei a mais, é, identificando tipo, se você tiver o conhecimento, as vezes se você mostrasse essa imagem pra alguém que não conhece, ela não consegue identificar, mas por exemplo a gente tando estudando a gente da pra observar, conseguir uma explicação de porque elas não se misturam, observando justamente pela polaridade.

E: Ahan.

A: Aqui a gente ve que os vetor cancela e aqui não consegue cancelar e ela é polar e aqui ela é apolar, então..

E: Então quando eles se cancelam ela é o que?

A: Quando ela cancela, quando os vetores, o vetor resultante cancela e fica zero né, ela é apolar.

E: Entendi.

A: Agora quando o vetor resultante aqui ele é maior que zero, ou menor, é diferente de zero, simplificando, ela é apolar.

E: Apolar?

A: Apolar. Não, não, polar.

E: Tá, então a gente tem uma substância, uma molécula que tem caráter apolar e a outra, que é polar.

A: Sim.

E: Isso influencia elas interagirem?

A: Sim, porque tem aquela regrinha la que semelhante dissolve semelhante, então polar dissolve polar e apolar dissolve apolar.

E: Você acha que essa regrinha ela é, assim, geral pra qualquer substância? Sempre vai dar certo?

A: Eu acho que não, porque deve ter algumas exceções. É como uma tendência. Não é, não é isso e isso, é uma tendência.

E: E você acha que a polaridade é a única coisa que, único conceito que explica por que que as substâncias não se misturam ou tem mais alguma característica?

A: Não, não..deixa eu ver se pode ser o único conceito. Acho que também não, é uma tendência, mas deve ter alguma outra coisa, as vezes eu até sei mas não lembro, mas eu acho que deve ter alguma outra coisa que que pode determinar a solubilidade.”

d. Diário de campo

O pesquisador também usou um diário de campo como uma ferramenta para organização das atividades, descrição das tarefas, anotações e reflexões (GALIAZI & LINDEMANN, 2003). Este diário foi importante para registrar impressões e observações durante as entrevistas e ao final destas. Muitas informações neste diário auxiliaram o momento de análise das entrevistas, visto que foram gravados somente os áudios das entrevistas e muitas informações não são recordadas pelo entrevistador ao realizar as transcrições e análises.

3.3.3 Caracterização dos sujeitos e do ambiente de pesquisa

Esta pesquisa ocorreu em dois ambientes distintos: *Univerty of Arizona* (USA) e Universidade Federal de Alfenas. Em ambas as universidades, a pesquisa desenvolveu-se com estudantes matriculados na disciplina de Química Geral.

A *University of Arizona* é uma universidade pública localizada na cidade de Tucson, Arizona, nos Estados Unidos. Nesta universidade os estudantes têm a possibilidade de cursar disciplinas de diversas áreas de conhecimento durante o primeiro ano antes de decidirem em qual curso irão se graduar. Os estudantes participantes da pesquisa eram matriculados na disciplina de Química Geral, a qual era oferecida pelo departamento de Química e Bioquímica, os quais participaram de forma voluntária. As atividades desenvolvidas com estes estudantes ocorreram

fora do horário de aula, de acordo com a disponibilidade de cada um. A primeira etapa desta pesquisa ocorreu em um laboratório onde os estudantes tinham aulas experimentais de várias disciplinas, incluindo a de Química Geral, de forma voluntária. Outra etapa de atividades realizadas nesta universidade consistiu de entrevistas que ocorreram no escritório do pesquisador que ficava dentro desta universidade, as quais também ocorreram de forma individual.

A Universidade Federal de Alfenas é uma universidade pública localizada na cidade de Alfenas, Minas Gerais, Brasil. Os estudantes participantes eram matriculados no curso de Licenciatura em Química e cursavam a disciplina de Química Geral. Nesta universidade, as atividades ocorreram fora do horário de aula em um laboratório de Ensino de Química, onde são ministradas disciplinas do curso de Licenciatura em Química, atividades as quais ocorreram também de forma individual.

Sendo assim, os sujeitos desta pesquisa foram 32 estudantes (17 mulheres e 15 homens), dos quais 23 eram da *University of Arizona* e 9 eram da Universidade Federal de Alfenas, participando de forma voluntária em diferentes momentos desta pesquisa. Todos os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido e de autorização para gravação de imagem e voz para participação das entrevistas (APÊNDICES).

3.3.4 Análise das informações

Para analisar as informações obtidas nas etapas descritas anteriormente, utilizamos a técnica de análise de conteúdo, a qual pode ser considerada um método de organização e análise de dados. De acordo com Bardin (2011), a análise de conteúdo designa

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 2011, p. 47).

Esta técnica visa obter dados relacionados ao conteúdo das mensagens, sendo elas provindas de códigos linguísticos e icônicos. É classificada por Berelson (1971) como “uma

técnica de investigação que através de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações tem por finalidade a interpretação destas comunicações” (BERELSON, 1971, *apud* BARDIN, 2011, p. 42).

De acordo com Bardin (2011), a análise de conteúdo pode ser realizada a partir de dados linguísticos (escrito e oral), Icônico (sinais, imagens, fotografias, etc.) e outros códigos semióticos. O código linguístico ‘oral’ pressupõe entrevistas e conversas de qualquer espécie, aspecto característico desta pesquisa. O código icônico pode ser relacionado a uma comunicação entre duas pessoas por meio da imagem, que também se aplica a esta pesquisa.

A análise de conteúdo prevê uma (a) pré-análise, (b) exploração do material e (c) tratamento dos resultados. A pré-análise esta relacionada à sistematização das ideias iniciais, que tem por objetivo a formulação de hipóteses e objetivos, elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final dos dados. A exploração do material consiste na codificação, enumeração ou decomposição dos dados. Estes dados então são tratados de maneira a serem significativos e válidos. A partir dos dados tratados, estes podem ser codificados e interpretados (BARDIN, 2011).

Considerando que este trabalho visa compreender como estudantes interagem com materiais visuais e qual a influência destes materiais no processo de aprendizagem destes indivíduos, entende-se que a análise de conteúdo pode ser utilizada como uma técnica que permite a investigação e interpretação das informações obtidas.

Nesse sentido, as informações obtidas foram organizadas em tabelas a partir das transcrições das entrevistas realizadas. Inicialmente estas informações foram pré-analisadas e, a partir de uma ‘leitura flutuante’, algumas hipóteses foram levantadas, as quais levaram à categorização e interpretação dos dados. A Figura 3 apresenta um exemplo de tabela utilizada para categorização das informações obtidas durante as entrevistas. Nesta figura, o exemplo refere-se à avaliação do material elaborado composto apenas de imagens. A primeira coluna desta tabela apresenta a transcrição da entrevista, na segunda coluna são feitos apontamentos referentes aos principais pontos evidenciados na resposta do estudante e a terceira coluna corresponde a um comentário geral do entrevistador a respeito daquele fragmento de entrevista, que são importantes para a categorização das respostas dos estudantes, atentando-se para o tipo de raciocínio apresentado pelo estudante ao interagir com o material.

Análise das entrevistas – SOMENTE IMAGENS

Estudante 13

Imagem 1		
Transcrição	Principais pontos	Comentário Geral
<p>E: Este é um material que nós estamos elaborando que é composto de texto e imagens. A entrevista que a gente vai fazer hoje é com a imagem, certo?</p> <p>A: Ahan.</p> <p>E: Essa sequencia de imagens, ela representa o que acontece quando a gente mistura água e tetracloreto de carbono, certo?</p> <p>A: Sim.</p> <p>E: A gente tem essas duas substâncias misturadas nesta proveta. Eu vou te mostrar uma sequência de imagens, uma por vez, e eu vou te perguntando o que que você tá observando, que que você tá entendendo em cada uma delas, aí a gente vai montando, construindo um raciocínio, tá? Então, nesta primeira imagem, o que que você identifica assim? A gente misturou as duas substâncias, que que da pra identificar?</p> <p>A: Da pra identificar que elas, <u>só tem uma fase né?</u> Então..</p> <p>E: Você acha que só tem uma fase?</p> <p>A: Eu acho que sim, porque, deixa eu pegar aqui...</p> <p>E: É, na figura as vezes fica um pouco difícil de identificar.</p> <p>A: Então agora eu fiquei até em dúvida, porque aparentemente tem uma fase, eu não to conseguindo enxergar se aqui é onde que, ela tá até aqui? Tá cheia?</p> <p>E: Isso, ahan. Ela tá cheia.</p> <p>A: Ah, então tem duas fases.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudante infere inicialmente que substâncias misturam; - Depois identifica interface e observa que elas não estão se misturando; - Tenta prever quem está em cada fase de acordo com a densidade da água, mas não diz com certeza. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acordo com as respostas, observa-se que estudante identifica o que está representado e busca responder o porque; - Raciocínio mecanístico e coerente.

Figura 3: Exemplo de tabela utilizada para analisar as informações obtidas durante a avaliação do material.
Fonte: Do autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os principais resultados obtidos a partir da execução deste projeto, buscando discutir os limites e possibilidades deste material em atingir os objetivos propostos. A Figura 4 abaixo resume as principais etapas executadas neste projeto, as quais foram descritas na metodologia e serão apresentadas e discutidas nesta seção.

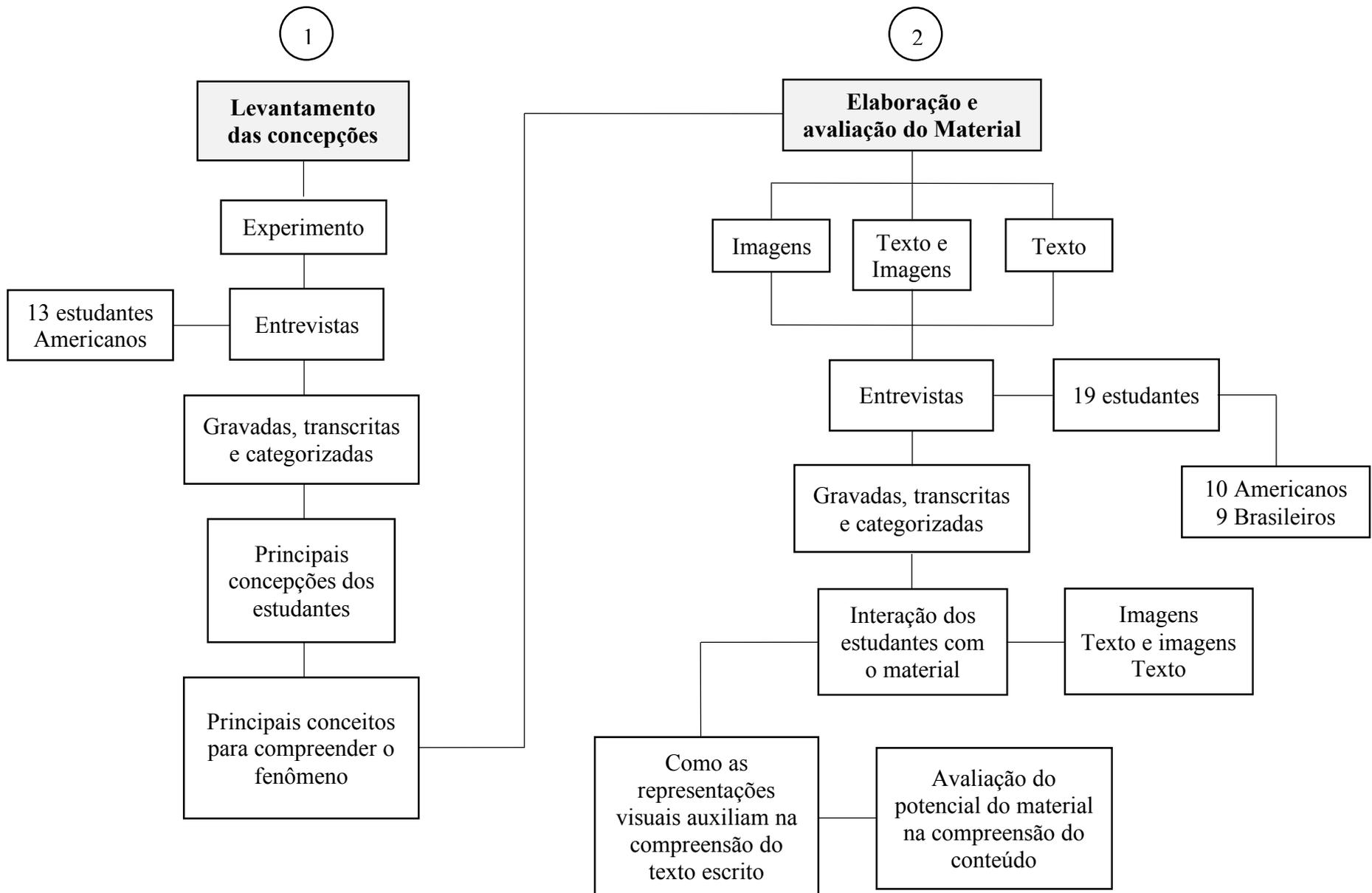


Figura 4: Principais etapas realizadas durante o desenvolvimento deste projeto.
 Fonte: Do autor.

Como pode ser observado na Figura 4, o trabalho foi conduzido em duas grandes etapas: o levantamento das concepções dos estudantes (1) e a elaboração e avaliação do material (2). A seguir estas etapas serão descritas e discutidas.

4.1 LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES

De acordo com uma análise prévia das imagens presentes nos livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2012, observou-se para este conteúdo a presença de muitas imagens que representavam apenas o aspecto macroscópico do conhecimento químico (SCALCO, 2014). De acordo com esta análise prévia, entende-se que estas imagens poderiam ser mais exploradas no que se refere ao aspecto submicroscópico do conhecimento químico, o qual pode auxiliar a compreensão do aspecto fenomenológico representado.

Nesse sentido, com o intuito de compreender como estas imagens poderiam ser melhores exploradas nos livros didáticos, selecionou-se duas imagens para estudo neste trabalho. Estas tinham por objetivo ilustrar o texto que ensinava a polaridade e solubilidade das substâncias e estavam presentes nos capítulos que discutiam as forças intermoleculares (FIGURA 5).

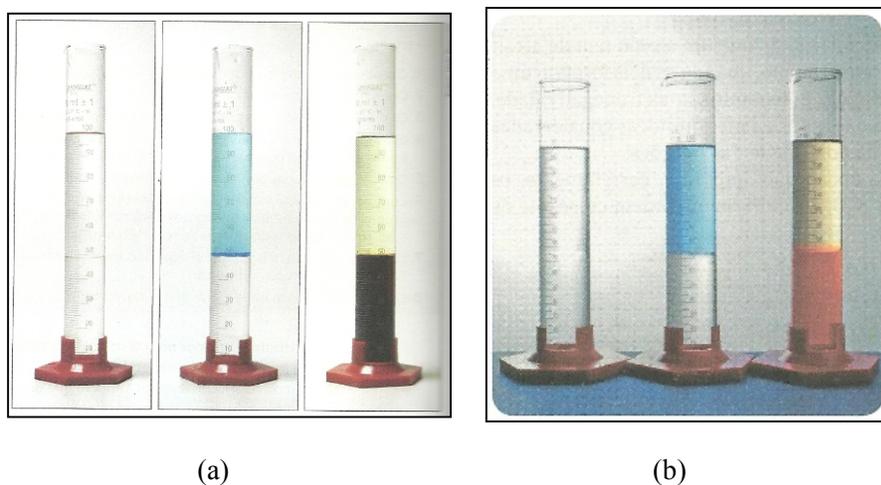


Figura 5: Imagens presentes em dois livros didáticos brasileiros para o Ensino Médio, as quais representam o experimento de solubilidade e polaridade das substâncias.

Fonte: (a) MÓL, G.S.; SANTOS, W.L.P. (2010), (b) PERUZZO, F.M.; CANTO, E.L. (2011)

A partir destes exemplos, o experimento representado nas imagens foi reproduzido em laboratório juntamente aos estudantes participantes. O intuito deste experimento foi identificar, a partir de uma entrevista semiestruturada durante a realização do experimento, as concepções dos estudantes a respeito das forças intermoleculares, polaridade e solubilidade das substâncias. Estas concepções seriam utilizadas para identificar os principais conceitos que deveriam ser abordados no material didático que seria elaborado, pois por meio destas concepções seriam identificadas as principais dificuldades dos estudantes em explicar o fenômeno observado e isto levaria a refletir em uma melhor e apropriada sequência para explicação dos conceitos.

O objetivo deste experimento foi compreender os fatores que afetam a solubilidade das substâncias. Sendo assim, os estudantes receberam algumas instruções para realizarem a atividade (QUADRO 1).

Quadro 1: Instruções procedimentais para realização do experimento.

Experimento – Solubilidade e Polaridade das substâncias

Objetivo: Este experimento tem como objetivo entender os fatores que afetam a solubilidade das substâncias.

Materiais e Reagentes:

- $\text{CCl}_{4(l)}$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$
- $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $\text{I}_{2(s)}$
- 2 provetas graduadas (10mL)
- Espátula
- Bastão de vidro

Procedimentos:

1. Inicialmente, adicione 5 ml de água em cada proveta graduada.
2. Adicione em cada proveta 5 ml de tetracloreto de carbono. Observe o que acontece.
3. Adicione uma pequena quantidade de iodo na primeira proveta. Com a ajuda do bastão de vidro, misture a solução. Observe o que acontece.
4. Adicione uma pequena quantidade de sulfato de cobre na segunda proveta. Com a ajuda do bastão de vidro, misture a solução. Observe o que acontece.

Dados:

Densidade da água: 1.00 g/cm^3

Densidade do tetracloreto de carbono: 1.59 g/cm^3

A cada procedimento realizado, o entrevistador fez perguntas com o objetivo de investigar aquilo que o estudante compreendia sobre os conceitos envolvidos. Para isso, antes de realizar o experimento, o entrevistador elaborou um questionário prévio com as possíveis perguntas e respostas que o auxiliaram no decorrer da entrevista, questões estas que podem ser encontradas nos Apêndices 1, 5 e 6 ao final deste trabalho.

O experimento consistiu em observar o que acontecia em três diferentes sistemas, buscando explicar o porquê do fenômeno observado. Em todos os três sistemas foram adicionados os líquidos água e tetracloreto de carbono. No segundo sistema adicionou-se uma pequena quantidade de iodo e ao terceiro sistema uma pequena quantidade de sulfato de cobre.

Após realizada todas as etapas procedimentais, cada entrevista foi transcrita e categorizada. As categorias foram elaboradas analisando-se cada transcrição num processo em que buscou-se identificar aquilo que era mais evidente em todas as entrevistas e aquilo que mais se repetia em geral.

O quadro abaixo (QUADRO 2) resume os principais conceitos investigados durante as entrevistas, os quais buscaram levar o estudante a discutir quais os fatores afetam a solubilidade das substâncias.

Quadro 2: Principais conceitos discutidos durante as entrevistas.

Sistema “H₂O + CCl₄”	Sistema “H₂O + CCl₄ + I₂”	Sistema “H₂O + CCl₄ + CuSO₄”
- Polaridade da água;	- Polaridade do Iodo;	- Polaridade do sulfato de cobre;
- Polaridade do tetracloreto de carbono;	- Interação entre Iodo e Tetracloreto de carbono;	- Ligações químicas;
- Mistura de substâncias polares e não polares;	- Interação entre Iodo e água.	- Interação entre água e sulfato de cobre;
- Forças Intermoleculares;		- Forças intermoleculares entre água e sulfato de cobre.
- Densidade.		

A partir do levantamento descrito no quadro 2 e das respostas dos estudantes durante as entrevistas, foram elaboradas subcategorias com o objetivo de organizar as respostas dos estudantes de acordo com suas concepções. As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam as categorias e subcategorias de análise para os três sistemas e o total de estudantes que se enquadram em cada uma.

As categorias foram elaboradas de acordo com os principais conceitos investigados durante as entrevistas e as próprias respostas dos estudantes. Estas foram divididas em categorias gerais – aquelas que se relacionam aos aspectos investigados pelo pesquisador – e subcategorias – aquelas que foram oriundas das respostas dos estudantes.

Tabela 1: Questões sobre o primeiro sistema: água e tetracloreto de carbono.

(continua)			
Água e Tetracloreto de carbono			
Categoria	Subcategoria	Estudantes	Total
1. Polaridade da água	1.1 A molécula da água é polar.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
	1.2 A molécula da água é polar porque o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio.	1, 2, 6, 9, 10, 11, 12	7
	1.3 A molécula da água é polar porque ela tem cargas parciais.	5, 8, 9, 10, 13	5
	1.4 A molécula da água é polar porque possui geometria angular, não simétrica e possui momentos de dipolo.	3, 4, 7, 11, 12	5
2. Polaridade do tetracloreto de carbono	2.1 A molécula de tetracloreto de carbono é não polar.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
	2.2 A molécula de tetracloreto de carbono é não polar porque esta possui forma tetraédrica e os elétrons estão simetricamente distribuídos ao redor da molécula.	1, 2, 8, 9, 10, 13	6
	2.3 Não há momento de dipolo porque os vetores são cancelados.	2, 3, 5, 7, 10, 11, 12	7
	2.4 O estudante sabe que A molécula de tetracloreto de carbono é não polar, mas ele não sabe explicar o porque.	6	1
3. Mistura de substâncias polares e não polares	3.1 Substâncias polares e não polares não se misturam.	6, 8	2
	3.2 Substâncias polares e não polares não se misturam porque semelhante dissolve semelhante.	4, 5, 9, 13	4

Tabela 1: Questões sobre o primeiro sistema: água e tetracloreto de carbono.

		(conclusão)	
Categoria	Subcategoria	Estudantes	Total
4. Forças Intermoleculares	3.3 Substâncias polares e não polares não se misturam por causa do tamanho, estrutura e configuração das moléculas.	1, 3, 4, 7, 11, 12	6
	3.4 Substâncias polares e não polares não se misturam porque eles preferem interagir uns com os outros.	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11	9
	3.5 Existe interação entre água e tetracloreto de carbono.	1, 2, 3, 4, 8, 10, 11	7
	3.6 O estudante não sabe porque estas substâncias não se misturam.	5, 6, 8	3
	4.1 A força intermolecular entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono é chamada de forças de dispersão.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13	11
	4.2 As forças intermoleculares entre as moléculas de água são forças de dispersão, ligações de hidrogênio e dipolo-dipolo.	3, 4, 6, 8, 9, 10, 13	7
	4.3 A força intermolecular que ocorre entre as moléculas de tetracloreto de carbono é chamada de forças de dispersão.	3	3

Fonte: Do autor.

Tabela 2: Questões sobre o segundo sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo.

		(continua)	
Água, Tetracloreto de carbono e Iodo			
Categoria	Subcategoria	Estudantes	Total
1. Polaridade do Iodo	1.1 A molécula de iodo é não polar.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
	1.2 A molécula de iodo é não polar porque ela é uma molécula diatômica e não apresenta diferença de eletronegatividade..	3, 5, 7, 8, 9, 11, 13	7
	1.3 A molécula de iodo é não polar porque ela foi dissolvida mais em tetracloreto de carbono.	13	1
	1.4 A substância iodo foi dissolvida mais em tetracloreto de carbono.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13	11
	1.5 A substância iodo foi dissolvida um pouco em água.	1, 2, 3, 7, 9, 12	6
2. Interação entre Iodo e Tetracloreto de carbono	1.6 A substância iodo foi mais dissolvido em água.	8	1
	2.1 Ocorrem forças de dispersão.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	12

Tabela 2: Questões sobre o segundo sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo.

Categoria	Subcategoria	(conclusão)	
		Estudantes	Total
3. Interação entre Iodo e água	2.3 O estudante não sabe quais são as forças intermoleculares neste sistema.	1	1
	2.4 Ocorre uma reação química porque a solução muda de cor.	11, 12 13	3
	3.1 Ocorrem forças de dispersão.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13	10
	3.2 Ocorrem ligações de hidrogênio e forças dipolo-dipolo.	5, 6	2
	3.3 O estudante não sabe quais são as forças intermoleculares neste sistema.	1, 8	2
	3.4 O estudante não sabe porque a substância iodo dissolveu se em água.	4, 5, 6, 7	4
	3.5 Ocorre uma reação química porque a solução muda de cor.	1	1

Fonte: Do autor.

Tabela 3: Questões sobre o terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre.

(continua)			
Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre			
Categoria	Subcategoria	Estudantes	Total
1. Polaridade do sulfato de cobre	1.1 A substância de sulfato de cobre é polar.	1, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 13	8
	1.2 O estudante não sabe se a substância de sulfato de cobre é polar ou não polar.	2, 4, 5, 8, 9	5
2. Ligações químicas	2.1 A substância de sulfato de cobre possui ligações iônicas.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11
	2.2 O estudante não sabe quais são as ligações químicas presentes na substância de sulfato de cobre.	1	1
3. Interação entre as moléculas de água e sulfato e cobre	3.1 A substância de sulfato de cobre interage com a água e não interage com o tetracloreto de carbono.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	13
	3.2 A substância de sulfato de cobre dissocia em ânions e cátions quando é adicionada em água.	3, 4, 7, 11, 12	5
	3.3 O ânion interage com a parte positiva da água e o cátion interage com a parte negativa da água.	3, 4, 7, 8, 10, 11, 13	7
	3.4 O estudante não sabe como os íons interagem com a molécula de água.	1, 5, 6, 9	4

Tabela 3: Questões sobre o terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre.

(conclusão)

Categoria	Subcategoria	Estudantes	Total
4. Forças intermoleculares entre as moléculas de água e sulfato de cobre	4.1. Ocorrem forças de dispersão.	1, 2, 5, 6, 12	5
	4.2 Ocorrem forças do tipo dipolo-dipolo.	2, 5, 6, 7, 12	5
	4.3 Ocorrem ligações de hidrogênio.	5, 10, 12	3
	4.4 Ocorre a interação íon-dipolo.	7, 8	2
	4.5 O estudante não sabe quais são as forças intermoleculares neste sistema.	9, 11, 13	3

Fonte: Do autor.

De acordo com as categorizações realizadas, foi possível levantar algumas considerações sobre cada sistema, as quais nos permitiram evidenciar quais os tópicos seriam importantes de serem abordados no material didático.

4.1.1 Primeiro Sistema: Água e Tetracloreto de Carbono

Neste tópico serão abordados exemplos de respostas dos estudantes para cada subcategoria de análise como apresentadas nas tabelas acima. Estes exemplos serão apresentados com o intuito de se compreender quais são as principais concepções dos estudantes a respeito dos temas polaridade, solubilidade e forças intermoleculares entre as substâncias e, a partir destas concepções, entender quais são os conceitos que estes apresentam maiores dificuldades, compreendendo então qual seria a melhor sequência que estes conceitos deveriam ser abordados no material didático elaborado.

O primeiro sistema representa a mistura de água e tetracloreto de carbono (FIGURA 6) e a entrevista caminhou no sentido de investigar como os estudantes explicam o por quê destas substâncias não se misturarem.



Figura 6. Mistura de água e tetracloreto de carbono.
Fonte: Do autor.

4.1.1.1 Polaridade da molécula de água

Para justificar que as substâncias não se misturavam, os estudantes disseram que a água é polar. As explicações foram baseadas nos seguintes aspectos:

- Água é polar porque o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio; (n=7)
 - Ex: “Well...water is polar cause the oxygen is more electronegative than hydrogen.” (*Estudante 9*)
- Água é polar devido suas cargas parciais; (n=5)
 - Ex: “Because it has partially, it has partial charges and the oxygen is partially negative and hydrogen is partially positive.” (*Estudante 5*)
- Água é polar porque suas moléculas possuem geometria angular, não simétrica e possui momentos de dipolo; (n=5)
 - Ex: “Because it has one oxygen atoms and two hydrogens atoms and there were surrounded and it has a dipole moment”. (*Estudante 3*)

Por meio destes exemplos podemos perceber que as respostas dos estudantes podem ser consideradas, em sua maioria, como sendo do tipo fragmentada, pois se utiliza m ou de conceitos

de geometria molecular ou de eletronegatividade dos átomos para explicar a não interação entre as substâncias, em vez de explicarem com base em ambos, visto que a compreensão do conceito de polaridade requer o conhecimento tanto do conceito de geometria molecular quanto de eletronegatividade dos átomos.

O conceito de eletronegatividade nos permite compreender se uma ligação será polar ou não, considerando que se a diferença de eletronegatividade entre dois átomos for muito grande, a ligação será polar. No entanto, é possível que uma molécula contenha ligações polares, mas seja uma molécula não polar. Conhecer a geometria molecular auxilia na compreensão da polaridade molecular, pois pode-se identificar os dipolos que se cancelam ou somam, indicando o momento de dipolo total da molécula (BROWN, 2005).

A fragmentação conceitual expressa na explicação dos estudantes sobre o fenômeno observado pode ser reflexo do processo de ensino que muitas vezes está baseado numa sequência de aulas e orientado por um material instrucional que não estabelece relações entre os conceitos. DISESSA (1993); Smith et al.; (1993) e Taber (2014) descrevem este processo como “*knowledge in pieces*” ou “conhecimento em peças”, que significa uma falta de coerência e consistência no pensamento do estudante.

Assim, as informações decorrentes do levantamento orientaram a elaboração do material a medida que foi possível perceber a necessidade de se estabelecer uma relação conceitual no texto escrito e na representação (imagem) entre eletronegatividade, polaridade da ligação, polaridade molecular e geometria molecular.

4.1.1.2 Polaridade da molécula de tetracloreto de carbono

A maioria dos estudantes consideraram a molécula de tetracloreto de carbono como sendo não polar e justificaram com os seguintes argumentos:

- A molécula de tetracloreto de carbono é não polar porque ela tem geometria tetraédrica e os elétrons estão simetricamente distribuídos ao seu redor. (n=6)
 - o Ex: “It is non polar because it has a tetrahedron shape” (*Estudante 2*)

- Ex: “Just it is the geometry is a...the geometry because it would be a tetrahedron” (*Estudante 13*)
- A molécula de CCl_4 não possui momento de dipolo porque os vetores são cancelados. (n=7)
 - Ex: “This vectors will be canceled” (*Estudante 2*)
 - Ex: “The vectors cancel each other. So there’s no partial charges” (*Estudante 5*)
- O estudante sabe que a molécula de tetracloreto de carbono é não polar, mas ele não sabe explicar por que. (n=1)
 - “Ann, I don’t know, because it doesn’t mix with water” (*Estudante 6*)

Estas respostas mostraram que os estudantes, em sua maioria, se utilizam de conceitos de geometria molecular e momento de dipolo para justificar o fato da não polaridade da molécula de CCl_4 , entretanto tais conceitos são por eles tratados de forma independente na construção da justificativa, ou seja, os estudantes não relacionam geometria molecular e momento de dipolo nas suas explicações de forma complementar para se entender a polaridade de uma molécula.

Neste sentido, os mesmos pontos apresentados no tópico anterior foram considerados importantes para serem abordados no material instrucional: Eletronegatividade, polaridade da ligação, polaridade molecular, formas geométricas.

4.1.1.3 Mistura entre substâncias polares e não polares

Para a questão que solicita aos estudantes que justifiquem porque substâncias polares e não polares não se misturam, as respostas foram categorizadas de acordo com os seguintes argumentos:

- Substâncias polares e não polares não misturam porque “semelhante dissolve semelhante”. (n=4)
 - Ex: “Ann...how I remember, it’s like mixes like...like substances how to similar properties. Mix with substances how to similar properties” (*Estudante 5*)
 - “a polar compound almost likely interact more with another polar compound” (*Estudante 4*)

- Substâncias polares e não polares não misturam por causa do tamanho, estrutura e número de configuração das moléculas. (n=6)
 - “Ann, in part is because these are large molecules and this is small and because a small polar molecules has will be tend to spend more time next with each other, ...then ... you was a little mix, its separate all because a you are more stable and energetically stable through water molecules next with other and the carbon tetrachloride molecules is next each other” (*Estudante 3*)
 - “Ann I don’t think they mix because is probably the carbon tetrachloride are more attract each there only molecules, the near are with water going to adopt a high number of configurations” (*Estudante 11*)
- Substâncias polares e não polares não misturam porque elas preferem interagir com elas mesmas. (n=9)
 - “Ann..I think its because, polar and non polar substances I don’t think they would mix, because I think that a higher affinity to be with itselfs, like think It can interact with other types of the molecules or non polar, they can interact, but they will much interact with itselfs” (*Estudante 11*)
 - “A polar compound almost likely interact more with another polar compound, so this polar attract itself more.” (*Estudante 4*)
- Existe interação entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono. (n=7)
 - Ex: “I think is a little bit ...between two substances here...But is not, I think is insignificant”. (*Estudante 1*)
- O estudante não sabe porque estas substâncias não misturam. (n=3)
 - “I don’t know, It’s really strange, because if like, it’s looks like separate...I don’t know, maybe...What do you think?” (*Estudante 5*)

A partir das respostas dos estudantes, percebemos que as explicações evidenciaram a compreensão de que as substâncias não se misturam devido a polaridade molecular, tamanho das moléculas, número de configurações que estas podem assumir e a preferência que estas têm em interagirem com elas mesmas. No entanto estes conceitos foram encontrados em respostas de diferentes estudantes, ou seja, nenhum estudante apresentou em sua explicação todos os conceitos necessários para compreender porque estas substâncias não se misturam.

Alguns estudantes utilizam a citação de que “semelhante dissolve semelhante” e, devido as moléculas de água e tetracloreto de carbono serem diferentes, estas substâncias não se misturam. Alguns estudantes utilizam conceitos de tamanho e estrutura das moléculas como fatores importantes que explicam porque estas substâncias não se misturam. Compreende-se que todos estes aspectos descritos pelos estudantes são importantes de serem abordados, no entanto, entende-se que eles são complementares e deveriam ser apresentados nas respostas de cada estudante, de forma que assim os estudantes seriam considerados tendo um raciocínio mecanístico e não fragmentado.

Os resultados das respostas do item anterior contribuíram para que, durante a elaboração do material, seja considerada a necessidade de abordar no texto escrito e nas representações visuais (imagens) a influência do (a) tamanho, geometria e número de configuração que as moléculas podem assumir; (b) polaridade molecular e (c) dipolos induzidos, conceitos os quais acompanharão a explicação do porquê substâncias interagem ou não.

4.1.1.4 Forças Intermoleculares

As respostas para a categoria “Forças Intermoleculares” que buscava levantar informações sobre as concepções dos estudantes em relação às interações entre as moléculas de água (H_2O) e tetracloreto de carbono (CCl_4) foram categorizadas em: interação entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono ($\text{CCl}_4\text{-H}_2\text{O}$), interação entre as próprias moléculas de água ($\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$) e interação entre as próprias moléculas de tetracloreto de carbono ($\text{CCl}_4\text{-CCl}_4$). Seguem-se alguns exemplos de respostas dos estudantes.

- A força intermolecular que ocorre entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono é somente ‘forças de dispersão’. (n=11)
 - o “Ann, I think dispersion, but no I, I don’t think this is doing dipole-dipole, no dipole-dipole, no hydrogen bond. Except with the water, itself. So, I think they only interact with dispersion.” (*Estudante 13*)

- “Ann...Just dispersion...or ..I think is just because one is non polar, one is polar”
(*Estudante 8*)
- As forças intermoleculares entre as moléculas de água são ‘forças de dispersão, ligação de hidrogênio e dipolo-dipolo’. (n=7)
 - “...water has dispersion forces, but also has dipole-dipole interactions as h-bonding.”(*Estudante 3*)
 - “...water has a hydrogen bonds” (*Estudante 10*)
 - “Ann, I think dispersion, but no I, I don’t think this is doing dipole-dipole, no dipole-dipole, no hydrogen bond. Except with the water, itself.” (*Estudante 13*)
- As forças intermoleculares entre as moléculas de tetracloreto de carbono são apenas ‘forças de dispersão’. (n=3)
 - “So, carbon tetrachloride has dispersion forces...” (*Estudante 3*)

É possível perceber que os estudantes apresentam mais dificuldades em responder qual o tipo de força intermolecular ocorre entre as moléculas de tetracloreto de carbono, pois apenas três estudantes responderam essa questão. Para a interação entre água e tetracloreto de carbono a maioria dos estudantes responde ‘forças de dispersão’ e, para a interação das moléculas de água com elas mesmas, as respostas variam entre dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio e forças de dispersão.

De acordo com estas respostas, considerou-se importante que o material didático abordasse tanto no texto quanto nas imagens os conceitos que explicam as interações entre (a) as moléculas de água (Ligações de hidrogênio, dipolo-dipolo e forças de dispersão); (b) as moléculas de tetracloreto de carbono (Forças de dispersão) e (c) as moléculas de água e tetracloreto de carbono (Forças de dispersão).

4.1.2 Segundo Sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo

Ao segundo sistema, além de água e tetracloreto de carbono, foi adicionada substância Iodo. Nesta etapa a entrevista caminhou no sentido de investigar como os estudantes explicam por que o iodo se solubiliza mais na substância tetracloreto de carbono do que em água.

O levantamento das concepções dos estudantes para este sistema baseou-se nos conceitos que explicam a polaridade da molécula de iodo, na interação entre as moléculas de tetracloreto de carbono e iodo e na interação entre as moléculas de água e iodo.

4.1.2.1 Polaridade do Iodo

As informações obtidas em relação a polaridade da molécula de iodo indicam que todos os estudantes entrevistados concordaram em dizer que esta é uma molécula não polar. Porém nem todos souberam explicar o porquê desta afirmação. As respostas quanto à polaridade desta molécula foram categorizadas de acordo com as seguintes subcategorias:

- A molécula de iodo é não polar. (n=13)
 - Ex: “Iodine...is non polar because of water don’t absorbing it, I think it could be non polar”. (*Estudante 1*)
 - Ex: “Ann. It’s a non polar.” (*Estudante 2*)
 - Ex: “Non polar. I₂ is non polar.” (*Estudante 8*)
- A molécula de iodo é não polar porque ela é uma molécula diatômica e não há diferença de eletronegatividade. (n=7)
 - Ex: “Because when reduce a diatomic molecule ..is non polar.” (*Estudante 3*)
 - Ex: “Because there’s no difference of electronegativity, so, there’s no difference of electronegativity.” (*Estudante 5*)
 - Ex: “Because its two the same and bonding together.” (*Estudante 7*)
- O iodo é não polar porque ele está dissolvido mais em tetracloreto de carbono. (n=11)
 - Ex: “Non polar. Because it interacts with non polar.” (*Estudante 13*)
 - Ex: “In...so...it dissolves in the carbon tetrachloride and not in the water.” (*Estudante 9*)
 - Ex: “So, the iodine interacts with the carbon tetrachloride, but not with the water.” (*Estudante 13*)

- Ex: “It looks like the iodine is interact in carbon tetrafluoride and not in the water.”
(*Estudante 5*)
- O iodo foi dissolvido um pouco em água. (n=6)
 - Ex: “oh that, the iodine isn’t interact with water...I mean the this, but not strong, isn’t dissolve like the iodine react with carbon tetrachloride.” (*Estudante 2*)
 - Ex: “Ann, it does mix a little, not very much, so it like will interact with each other but its no much.” (*Estudante 12*)
- O iodo foi dissolvido mais em água. (n=1)
 - Ex: “I. The iodine interact more with water or? S. Water, I think water.” (*Estudante 8*).

A partir das respostas dos estudantes foi possível observar que a maioria dos estudantes concordam que a molécula de Iodo (I_2) é não polar e que esta interage mais com a substância tetracloreto de carbono. Isto foi evidenciado pelos estudantes devido a uma maior coloração na fase inferior da proveta (FIGURA 7).



Figura 7: Segundo sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Iodo.
Fonte: Do autor.

As explicações para a polaridade da molécula do Iodo se basearam no fato desta molécula ser diatômica (I-I) e não haver diferença de eletronegatividade. Alguns estudantes não souberam explicar o porquê deste fato, somente consideraram que esta substância é não polar pois ela se solubiliza mais em CCl_4 , substância não polar. Isso remete ao fato de que muitos destes estudantes têm a concepção de que ‘polar dissolve polar’ e ‘não polar dissolve não polar’.

Alguns estudantes enfatizaram que o iodo se dissolve um pouco em água, no entanto não explicam por que isto acontece, apenas se atentam ao fato de que houve uma pequena mudança de coloração na fase superior da proveta.

Nesse sentido, de acordo com as informações obtidas nas respostas dos estudantes, para elaboração do material didático composto de texto e imagens, considerou-se importante a abordagem da influência da geometria molecular para o entendimento da polaridade das moléculas e, neste caso, das moléculas diatômicas.

4.1.2.2 Interação entre as moléculas de iodo e tetracloreto de carbono

Neste momento buscou-se investigar o tipo de interação que ocorre entre as moléculas de iodo (I_2) e tetracloreto de carbono (CCl_4). A partir das informações obtidas, pode-se observar que a maioria dos estudantes disseram que ocorrem forças de dispersão entre estas moléculas. As categorias para entender as concepções dos estudantes quanto a interação entre iodo e tetracloreto de carbono basearam-se nos seguintes tópicos:

- Interações do tipo ‘forças de dispersão’. (n=12)
 - Ex: “It would have dispersion forces” (*Estudante 2*)
 - Ex: “Ahh, just dispersion. I. Just dispersion? Ahh... Yeah, they’re both non polar, so they can’t hydrogen bonding because no H2. (*Estudante 4*)
 - Ex: “Ann, no...I don’t know...I’d say dispersion because there’s not dipoles.” (*Estudante 13*)
- O estudante não sabe qual ou quais são as forças intermoleculares neste sistema. (n=2)
 - Ex: “The name of the interaction ...an...I don’t know the answer.” (*Estudante 1*)
- Uma reação química ocorre porque a solução muda de cor. (n=3)
 - Ex: “Okay, so, it looks like the iodine reacted or chemical reaction with the carbon tetrachloride but it not reacts with the water.” (*Estudante 12*)
 - Ex: “Ann, I don’t know what happen, but it changed of the color. Some reaction happens”. (*Estudante 13*)

Os estudantes afirmam que ocorrem forças de dispersão entre as moléculas de iodo e tetracloreto de carbono e alguns justificam que isto é devido a estas serem moléculas não polares, no entanto não explicam como esta interação ocorre. Três estudantes enfatizam que ocorre uma ‘reação química’ entre as substâncias iodo e tetracloreto de carbono devido a mudança de coloração que é observada neste sistema. Neste momento podemos compreender que estes estudantes entendem que ouve uma mudança de coloração em decorrência de uma reação química, não considerando que apenas ocorreu uma dissolução.

Diante das informações contidas nas respostas dos estudantes, entendemos que deveria constar no texto escrito explicações a respeito da força de dispersão que ocorre entre as moléculas de iodo e tetracloreto de carbono, representando como as interações ocorrem, esclarecendo ser este um processo de dissolução e não uma reação química

4.1.2.3 Interação entre água e iodo

Em relação entre a interação entre água e iodo, foi possível observar que a substância contida na parte superior da proveta também muda um pouco sua coloração (FIGURA 7), indicando que esta substância também está interagindo com a água. Neste momento, buscamos investigar as concepções dos estudantes a respeito da interação que ocorre entre elas, visto que são substâncias que possuem diferentes polaridades. Diante das informações obtidas, foram sistematizadas as seguintes categorias em relação as concepções dos estudantes a respeito da interação entre água e iodo.

- Interações do tipo forças de dispersão (n=9)
 - Ex: “Ahh..Dispersion and possible dipole-dipole. But no hydrogen bonding because there’s no oxygen or fluorine in the carbon tetrachloride” (*Estudante 5*)
 - Ex: “Oh...just dispersion forces, I don’t, I don’t actually know.” (*Estudante 13*)
 - Ex: “Ahh..the water and iodine also be dispersion forces” (*Estudante 7*)
- Ocorrem interações do tipo ‘ligações de hidrogênio’ ou ‘dipolo-dipolo’. (n=2)

- Ex: “Ahh..Dispersion and possible dipole-dipole. But no hydrogen bonding because there’s no oxygen or fluorine in the carbon tetrachloride” (*Estudante 5*)
- Ex: “Hydrogen bonding, dispersion forces.” (*Estudante 6*)
- O estudante não sabe quais são as forças intermoleculares presentes neste sistema. (n=2)
 - Ex: “Water and iodine...ann dipole...maybe...I don’t know.” (*Estudante 8*)
- O estudante não sabe que o iodo foi dissolvido em água. (n=4)
 - Ex: “I don’t know.” (*Estudante 4*)
- Uma reação química ocorre porque a solução muda de cor. (n=1)
 - Ex: “like I said before changed color also I’m sure something inside the water now, that may have changes the composition of the solution.” (*Estudante 1*)

Diante das informações obtidas, foi possível compreender que a maioria dos estudantes compreende que houve interação devido a um processo de dissolução. Alguns justificam o processo de dissolução em decorrência as forças de dispersão entre água e iodo. Alguns não sabem por que isso ocorre e um estudante enfatiza a ocorrência de uma reação química quando diz que talvez tenha ocorrido uma mudança de composição da solução.

Entende-se que a substância iodo prefere interagir com a substância tetracloreto de carbono, pois são substâncias com polaridades semelhantes. No entanto, o iodo dissolve um pouco em água (que é possível observar na fase superior da proveta, Figura 7), uma substância polar. Isto acontece devido ao fato do iodo (I_2) ser uma molécula grande em tamanho e massa e sua nuvem eletrônica pode ser facilmente distorcida, formando um dipolo momentâneo. Isto é chamado de polarizabilidade e, moléculas mais polarizáveis tem força de dispersão mais fortes (BROWN, 2006). Devido a este fator, a água polariza a molécula de iodo, havendo uma pequena interação entre essas moléculas, o que resulta na pequena mudança de coloração que ocorre na parte superior da proveta comparado com a parte inferior.

De acordo com os dados obtidos, entende-se que o material deveria abordar os conceitos relacionados à polarizabilidade da molécula de iodo, quais os fatores lavam esta molécula ter essa característica polarizável e a consequente interação que ocorre entre esta e a molécula de água.

4.1.3 Terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre

Ao terceiro sistema adicionou-se a substância Sulfato de Cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$). O objetivo neste momento foi investigar como os estudantes explicam a solubilidade do sulfato de cobre apenas em água e não no tetracloreto de carbono, como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8: Terceiro sistema: Água, Tetracloreto de carbono e Sulfato de cobre.
Fonte: Do autor.

As informações obtidas nas respostas dos estudantes basearam-se na (a) polaridade do sulfato de cobre, (b) nas ligações químicas, (c) na interação entre as moléculas de água e sulfato de cobre e (d) nas forças intermoleculares que ocorrem entre estas substâncias.

4.1.3.1 Polaridade da substância Sulfato de cobre

Neste momento buscou-se compreender quais as concepções dos estudantes a respeito da polaridade do sulfato de cobre (CuSO_4). As informações obtidas nas respostas destes estudantes basearam-se na polaridade do sulfato de cobre, como pode ser observado abaixo.

- O sulfato de cobre é polar. (n=9)
 - Ex: “I’m just...It would be polar, definitively polar.” (*Estudante 1*)
 - Ex: “Ann...probably is polar...I can’t remember.” (*Estudante 10*)

- Ex: “I think maybe because the copper sulfate maybe it is, it could be polar, which means it interact more strongly with water and, maybe just because.” (*Estudante 6*)
- O estudante não sabe se o sulfato de cobre é polar ou não polar. (n=4)
 - Ex: “I don’t know. I don’t know, I just ... maybe it’s polar.” (*Estudante 5*)
 - Alguns estudantes não responderam esta questão.

As informações obtidas permitiram observar que a maioria dos estudantes concordam que a substância CuSO_4 é polar e alguns estudantes não souberam responder essa questão. No entanto, os estudantes que consideram este composto sendo polar não sabem explicar o porquê disso, apenas utilizam o fato de que esta substância se solubilizou em água e não em tetracloreto de carbono, como visto na Figura 8.

Destaca-se que, até este momento, nenhum estudante menciona que este é um composto iônico que se dissocia nos íons Cu^{2+} e SO_4^{2-} quando adicionado em água, o que caracteriza uma interação do tipo íon-dipolo. De acordo com estes exemplos, entendemos como sendo importante que o texto e as imagens abordassem aspectos relacionados à estrutura do composto sulfato de cobre e suas ligações, destacando como compostos iônicos como o sulfato de cobre possuem ligações polares e interagem fortemente com substâncias polares.

4.1.3.2 Ligações químicas

As informações obtidas neste momento foram importantes para o entendimento do que os estudantes compreendem a respeito da substância sulfato de cobre em relação as suas ligações químicas e se estas influenciam ou não sua interação com outras substâncias.

- O sulfato de cobre é um composto iônico. (n=11)
 - Ex: “Ann, probably because copper sulfate is polar... wait, no, it’s an ionic compound.” (*Estudante 2*)
 - Ex: “They’re an ionic...Because copper is a metal and sulfate is, it could be anion.” (*Estudante 11*)

- O estudante não sabe qual a ligação química presente no sulfato de cobre. (n=1)
 - o Ex: “It is, Ionic could be, I think is a molecular substance. Maybe cause this (pointing). I’m not sure.” (*Estudante 1*)

A maioria dos estudantes acreditam que o composto sulfato de cobre apresenta ligações iônicas. No entanto estes apresentam respostas generalizadas sem muitos detalhes. Estas informações caracterizaram a necessidade de se abordar no material conceitos relacionados às ligações químicas, especificamente as ligações iônicas que estão presentes na substância sulfato de cobre.

4.1.3.3 Interação entre água e sulfato de cobre

Neste momento buscou-se compreender as concepções dos estudantes a respeito da interação entre água e sulfato de cobre, o que possibilitou a identificação das concepções do estudante a respeito do tema dissociação iônica, de acordo com as seguintes subcategorias:

- O sulfato de cobre interage com água e não interage com o tetracloreto de carbono. (n=13)
 - o Ex: “Ann, it looks like the copper sulfate dissolved in the water but not in carbon tetrachloride.” (*Estudante 2*)
 - o Ex: “So, therefore, copper sulfate it interacts more with the water than with carbon tetrachloride.” (*Estudante 4*)
 - o Ex: “So, the copper sulfate is just dissolved in the water.” (*Estudante 10*)
- O sulfato de cobre dissocia em ânions e cátions quando este é adicionado em água. (n=5)
 - o Ex: “The ions are separate, dissolved.” (*Estudante 3*)
 - o Ex: “Ann...this would be anions and cations.” (*Estudante 7*)
- O ânion interage com a polo positivo da água e o cátion interage com a polo negativo da água. (n=7)
 - o Ex: “I imagine be...anions with be attract to hydrogens the water and maybe the cations to be attract to oxygens.” (*Estudante 3*)

- Ex: “Ann, so the copper be positive so its more attract like the copper is more attract to the positive, like the positive charges and the negative oxygen and the negative sulfate attract hydrogens...so they separate.” (*Estudante 13*)
- Ex: “I think the copper part, the copper ion is going to interact with water on the negatively partial part, oxygen, and the sulfate would interact some here, with this negative charge.” (*Estudante 11*)
- O estudante não sabe como os íons interagem com a molécula de água. (n=4)
 - Ex: “I think... it creates like a hydrogen bonding the oxygen, maybe, and because to mix or probably interact more...Yeah.” (*Estudante 5*)
 - Ex: “Ann...well, I would say I think copper sulfate is positive, so it interact with the negative water with hydrogen bonds.” (*Estudante 6*)

De acordo com as respostas dos estudantes, é possível identificar que muitos compreendem aspectos relacionados à dissociação de um composto iônico em água. Todos os estudantes concordam em dizer que esta substância interage apenas com a água neste sistema. Neste momento alguns estudantes explicam que ocorre a dissociação do composto iônico em ânions e cátions, fator que determina uma interação específica entre estes íons e as moléculas da água.

No entanto é notório que alguns estudantes não apresentam respostas claras a respeito deste tema, não atentando-se para o fato de que ocorre uma interação específica entre os íons e os polos positivo e negativo da molécula da água. Nesse sentido, entende-se a necessidade da abordagem no material dos tópicos dissociação iônica e interação íon-dipolo, os quais possibilitarão aos estudantes compreenderem como se dá a interação entre estas duas substâncias, o que consequentemente os auxiliará a compreender por que esta substância não interage favoravelmente com a substância tetracloreto de carbono.

4.1.3.4 Forças intermoleculares entre a molécula da água e o composto iônico sulfato de cobre

Neste momento investigou-se as concepções dos estudantes a respeito das forças intermoleculares que ocorrem entre água e sulfato de cobre. As informações obtidas destacam os seguintes aspectos:

- Ocorrem forças de dispersão. (n=5)
 - Ex: “The interaction is strong and there’s dispersion forces”. (*Estudante 1*)
 - Ex: “Ann...I’d say dispersion because the ..dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.” (*Estudante 5*)
- Ocorrem forças do tipo dipolo-dipolo. (n=5)
 - Ex: “Ann...I’d say dispersion because the ..dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.” (*Estudante 5*)
 - Ex: “ H...So, ann, I think would be probably have dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.” (*Estudante 12*)
- Ocorrem ligações de hidrogênio. (n=3)
 - Ex: “Ann...I’d say dispersion because the ..dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.” (*Estudante 5*)
 - Ex: “ H...So, ann, I think would be probably have dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.” (*Estudante 12*)
 - Ex: “Annn...So I guess is hydrogen bond between these ions.” (*Estudante 10*)
- Ocorrem forças do tipo íon-dipolo. (n=3)
 - Ex: “Ann...just ion-dipole interaction.” (*Estudante 7*)
 - Ex: “Ionic compound..ionic, ion-dipole.” (*Estudante 8*)
- O estudante não sabe quais são as forças intermoleculares neste sistema. (n=3)
 - Ex: “Ahh..I’m not sure, I don’t remember, I class today, so I don’t remember.” (*Estudante 9*)
 - Ex: “I don’t, I don’t know what the name.” (*Estudante 13*)

Considerando as subcategorias para este tópico, entende-se que os estudantes apresentam dificuldade em explicar qual o tipo de força ocorre entre estas substâncias. As respostas variam entre os diferentes tipos de interações intermoleculares, como interação dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio e forças de dispersão. Apenas três estudantes citaram que ocorre uma interação do tipo íon-dipolo. Nesse sentido, de acordo com estas informações obtidas neste momento, entende-se que o material didático (texto e imagens) deve abordar a interação do tipo íon-dipolo, como citado no tópico anterior.

As informações obtidas durante a realização da atividade experimental possibilitaram o entendimento de que:

- A maioria dos estudantes explica que a água é polar e o tetracloreto de carbono é não polar;
- Os estudantes apresentam dificuldade para explicar por que substâncias polares e não polares não misturam;
- A maioria dos estudantes não sabem explicar por que o iodo foi dissolvido um pouco em água;
- A maioria dos estudantes pensa que o sulfato de cobre é polar porque ele é dissolvido em água, mas não sabem explicar o porquê;
- Alguns estudantes são capazes de explicar a interação entre água e sulfato de cobre, mas alguns estudantes não entendem como ocorre a dissociação de um composto iônico em água.

A Figura 9 apresenta uma visão geral dos dados obtidos nesta etapa da atividade experimental, considerando o sistema 'Água - Tetracloreto de carbono'. Nesta, foram evidenciadas as principais características identificadas nas respostas dos estudantes enquanto realizaram a entrevista.

Estudantes tenderam	Construir explicações através da diferença de eletronegatividade dos átomos.	Construir explicações através da polaridade da ligação e polaridade molecular.	
Estudantes exibiram	Conhecimento base sobre composição e estrutura das moléculas.	Capacidade de identificar ‘momentos de dipolo’.	Capacidade de identificar ‘interações intermoleculares’.
Estudantes se esforçaram para	Explicar quais as importantes características para que as duas substâncias não se misturem.	Explicar a interação entre substâncias polares e não polares.	

Figura 9: Principais características identificadas nas respostas dos estudantes enquanto realizaram a entrevista.

Fonte: Do autor.

Diante dos aspectos discutidos até aqui, entende-se que as concepções identificadas durante a realização do experimento revelaram que a maioria dos estudantes apresenta um raciocínio do tipo coerente fragmentado, ou seja, eles apresentam conhecimento básico dos conceitos necessários para compreensão do fenômeno em questão, no entanto não apresentam relações gerais entre estes conceitos.

A Tabela 4 apresenta uma relação para os principais tópicos discutidos durante a realização do experimento, os quais podem ser generalizados da seguinte maneira: Polaridade das substâncias, mistura entre substâncias polares e não polares e forças intermoleculares entre as substâncias.

Esta tabela apresenta a maneira como os conceitos foram utilizados pelos estudantes para explicar, por exemplo, a polaridade das substâncias, juntamente com exemplos de respostas dos

estudantes e, na última coluna foram abordadas quais seriam as relações esperadas que estes deveriam apresentar ao explicarem esses conceitos. Neste último caso, foram elaborados exemplos de como seriam respostas que apresentam relações conceituais coerentes numa perspectiva mecanística.

Tabela 4. Relações entre conceitos apresentados de forma fragmentada e não fragmentada.

(continua)

	Conceitos apresentados de forma fragmentada	Exemplos para os conceitos apresentados de forma fragmentada	Relações previstas num raciocínio mecanístico
1. Polaridade das substâncias	Eletronegatividade dos elementos	“Well...water is polar cause the oxygen is more electronegative than hydrogen.”	Exemplo para a molécula da água: A água é uma molécula polar pois possui ligações polares caracterizadas por uma alta diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e oxigênio e, de acordo com suas ligações e repulsões eletrônicas, a água possui uma geometria angular .
	Cargas Parciais	“Because it has partially, it has partial charges and the oxygen is partially negative and hydrogen is partially positive.”	Por possuir ligações polares e uma geometria que favorece a formação de um polo elétrico , a molécula como um todo adquire caráter polar .
	Geometria Molecular	“It is non polar because it has a tetrahedron shape.”	
	Momentos de dipolo	“The vectors cancel each other. So there’s no partial charges”	
2. Mistura entre substâncias polares e não polares	Semelhante dissolve semelhante Tamanho e número de configurações	“a polar compound almost likely interact more with another polar compound” “Ann, in part is because these are large molecules and this is small and because a small polar molecules has will be tend to spend more time next with each other, ...then ... you was a little mix, its separate all because a you are more stable and energetically stable through water molecules next with other and the carbon tetrachloride molecules is next each other”	Exemplo para a mistura entre água e tetracloreto de carbono: As moléculas de água e tetracloreto de carbono diferem em suas propriedades estruturais. Água possui caráter polar devido sua geometria angular e alta diferença de eletronegatividade de seus átomos constituintes. Tetracloreto de carbono possui ligações polares devido a alta diferença de eletronegatividade de seus átomos constituintes. No entanto sua geometria tetraédrica não favorece a formação de polos, fazendo a molécula adquirir um caráter não polar . As moléculas de água são bem menores que as moléculas de tetracloreto de carbono.

Tabela 4. Relações entre conceitos apresentados de forma fragmentada e não fragmentada.

(conclusão)

	Conceitos apresentados de forma fragmentada	Exemplos para os conceitos apresentados de forma fragmentada	Relações previstas num raciocínio mecanístico
3. Forças intermoleculares entre as substâncias	Preferência - Afinidade	“Ann..I think its because, polar and non polar substances I don’t think they would mix, because I think that a higher affinity to be with itselfs, like think It can interact with other types of the molecules or non polar, they can interact, but they will much interact with itselfs”	Essas características fazem com que estas moléculas prefiram interagir mais com elas mesmas do que umas com as outras.
	Forças de dispersão	“Ann, I think dispersion, but no I, I don’t think this is doing dipole-dipole, no dipole-dipole, no hydrogen bond. Except with the water, itself. So, I think they only interact with dispersion.”	Exemplo para moléculas de água interagindo com elas mesmas: Sabemos que as moléculas de água são polares pois possuem uma geometria angular e alta diferença de eletronegatividade entre seus átomos, o que faz com que suas ligações sejam polares e a molécula como um todo também.
	Interação do tipo dipolo-dipolo	“Ahh..Dispersion and possible dipole-dipole. But no hydrogen bonding because there’s no oxygen or fluorine in the carbon tetrachloride”	Sendo assim, quando uma molécula de água se aproxima de outra, haverá uma atração entre o polo positivo de uma com o polo negativo de outra. Este tipo de interação é chamada de dipolo-dipolo .
	Ligações de Hidrogênio Interação íon-dipolo	“Annn...So I guess is hydrogen bond between these ions.” “Ann...just ion-dipole interaction.”	Além desta interação, estas moléculas ao se aproximarem interagem através da interação de um átomo de hidrogênio de uma molécula com o átomo de oxigênio de outra molécula. Esta interação é chamada de ligação de hidrogênio . Além destas interações, todas moléculas ao aproximarem-se uma das outras interagem por meio das forças de dispersão .

Tabela 4. Relações entre conceitos apresentados de forma fragmentada e não fragmentada.

Fonte: Do autor.

Nas relações previstas num raciocínio mecanístico, é possível observar palavras em negrito que destacam os principais conceitos discutidos numa resposta característica de um raciocínio coerente não fragmentado e que apresentem relações gerais entre os conceitos. A maioria das respostas apresentadas pelos alunos durante toda a entrevista podem ser consideradas coerentes fragmentada, ou seja, são respostas conceitualmente corretas para questões específicas. No entanto, perguntas do tipo “Por que água e tetracloreto não se misturam?” ou “Qual o tipo de força intermolecular ocorre entre estas substâncias?”, uma resposta característica de um raciocínio coerente não fragmentado deveria abordar conceitos específicos e relações entre estes para responder perguntas gerais.

Diante disso, as respostas dos estudantes e todas as categorizações realizadas nos levaram a elaborar um fluxograma (FIGURA 10), o qual tem como objetivo resumir todos os conceitos discutidos e considerados importantes de serem abordados no material, tanto no texto como nas imagens, bem como compreender a relação entre eles.

Ao propor a sequência dos conteúdos a serem discutidos no material, como pode ser observado na Figura 10, entendeu-se quais tópicos deveriam ser discutidos em maiores detalhes, os quais auxiliariam na compreensão do fenômeno estudado. Sendo assim, será descrito na seção 4.2 o processo de elaboração do material e discutida a importância de cada conceito químico escolhido nesta sequência para compreensão do experimento.

Esta atividade experimental foi de suma importância para a elaboração do material didático, visto que esta possibilitou a compreensão das concepções dos estudantes a respeito do tema ‘polaridade, solubilidade e forças intermoleculares’. A partir destas concepções, entendeu-se quais as maiores dificuldades destes estudantes e pode-se analisar a melhor sequência didática para ser abordada no material, tanto para o texto escrito quanto para a elaboração da sequência de imagens, os quais serão descritos a seguir.

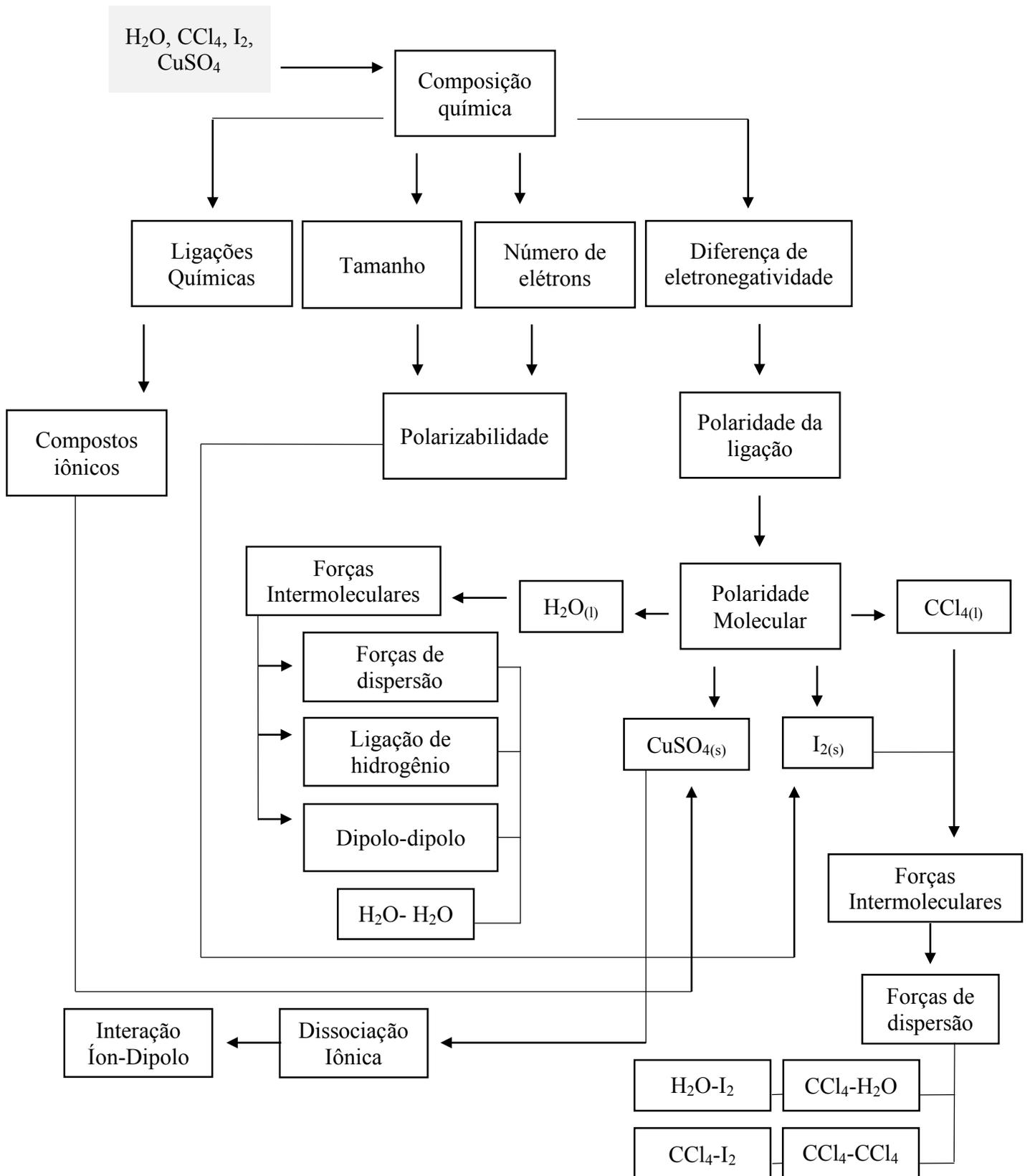


Figura 10: Fluxograma apresentando os conceitos considerados importantes de serem abordados no material.
 Fonte: Do autor.

4.2 O MATERIAL INSTRUCIONAL: ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO

Após a realização da atividade experimental, as informações obtidas a partir das transcrições, categorizações e análises guiaram a elaboração do material didático.

O material elaborado contempla apenas o primeiro sistema (água e tetracloreto de carbono). Este material encontra-se nos apêndices (APÊNDICE 2), o qual é composto por texto e imagens que, através de uma sequência, explicam o fenômeno observado na primeira etapa do experimento “Solubilidade e Polaridade das substâncias”. Nesta etapa, será descrito como se deu o processo de elaboração da sequência de imagens e do texto.

4.2.1 Elaboração da sequência de imagens

Considerando os dados obtidos na atividade experimental e todas as análises realizadas, foi possível elaborar uma sequência de imagens que explicasse em detalhes porque as substâncias água e tetracloreto de carbono não se misturam.

Para elaboração das imagens foi utilizado o *software* Corel Draw X6. A sequência foi elaborada considerando os aspectos dimensionais de modo que tentou-se partir de um nível mais geral para um mais específico, considerando todos os conceitos necessários para entender as características estruturais de cada molécula que compõe essas substâncias e as interações entre elas.

A sequência foi composta por 12 imagens que foram elaboradas com o objetivo geral de ‘contar’ toda a história que descreve porque essas substâncias não se misturam. A tabela a seguir apresenta a sequência de imagens com a descrição do que elas pretendem representar.

Tabela 5: Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono. **(continua)**

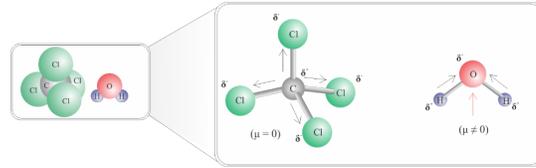
	Imagens	Descrição
1.		<p>Observe que a imagem 1 representa uma proveta com os dois líquidos: $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ e $\text{CCl}_{4(l)}$, onde é possível identificar uma interface entre essas substâncias, indicando que elas não estão se misturando.</p>
2.		<p>A imagem 2 apresenta um <i>zoom</i> da parte inferior e superior da proveta, onde neste <i>zoom</i> há bolas de duas diferentes cores, as quais tem por objetivo representar dois diferentes compostos químicos, os quais possuem diferente composição e estrutura, que será responsável pela imiscibilidade destas substâncias.</p>
3.		<p>A imagem 3 representa um zoom das bolas coloridas, representando a composição química das moléculas de água (H_2O) e tetracloreto de carbono (CCl_4), que podem ser utilizadas para inferir suas geometrias moleculares e como suas camadas de valência são distribuídas entre diferentes átomos (polaridade molecular).</p>
4.		<p>A imagem 4 representa os dipolos de ligação (representado pelas setas), que estão orientados do átomo menos eletronegativo para o mais eletronegativo. Com estas informações é possível analisar a polaridade da molécula como um todo (polaridade molecular).</p>

Tabela 5: Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono. **(continuação)**

	Imagens	Descrição
5.		<p>A partir das informações obtidas na imagem 4 é possível compreender a imagem 5, a qual tem como objetivo representar a distribuição dos elétrons ao redor de cada molécula e se esta distribuição é homogênea ou não, indicando a presença de polos elétricos ou não. Neste caso, observa-se que a molécula da água possui uma nuvem eletrônica não homogênea, indicando a presença de um polo elétrico próximo ao átomo de oxigênio. A molécula de tetracloreto de carbono possui uma nuvem eletrônica homogênea com uma coloração avermelhada, indicando a presença de elétrons ao redor de toda a molécula por causa da alta eletronegatividade dos átomos de cloro.</p>
6.		<p>Sabendo as características estruturais de cada molécula e se estas possuem caráter polar ou não polar, é possível inferir sobre a interação entre essas moléculas. A imagem 6 representa a interação entre as moléculas em cada fase da proveta e também a interação que ocorre entre elas na interface $\text{H}_2\text{O}-\text{CCl}_4$.</p> <p>A parte superior representa a interação entre as moléculas de água, mostrando que o polo negativo de uma molécula sempre se orienta em direção ao polo positivo de outra.</p>

Tabela 5: Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono. **(continuação)**

	Imagens	Descrição
7.		<p>A imagem 7 pretende representar uma outra característica importante de ser considerada ao analisar se duas substâncias interagem ou não entre si: o tamanho das moléculas. A molécula da água é bem menor que a molécula de tetracloreto de carbono. Observe que em (a) uma molécula de água é capaz de interagir com várias moléculas de água ao seu redor, diferentemente do que é representado em (b), em que ela é capaz de interagir com poucas moléculas de tetracloreto de carbono ao mesmo tempo. Esta característica faz com estas moléculas prefiram ‘gastar’ mais tempo interagindo com elas mesmas.</p>
8.		<p>A partir da imagem 8 pretendeu-se representar as interações que ocorrem entre as moléculas. Esta imagem representa em (a) a molécula de CCl_4 e sua nuvem eletrônica homogênea. Em (b) é possível observar o que acontece quando duas moléculas de CCl_4 aproximam-se uma da outra: ocorre a formação de dipolos induzidos, interação chamada de forças de dispersão. A nuvem eletrônica é distorcida e há a formação de polos elétricos instantâneos, que pode ser observado pelas diferentes cores.</p>

Tabela 5: Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono. (continuação)

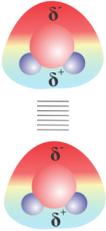
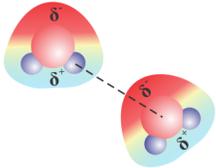
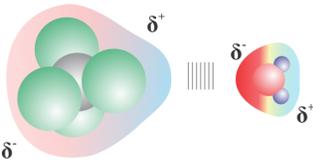
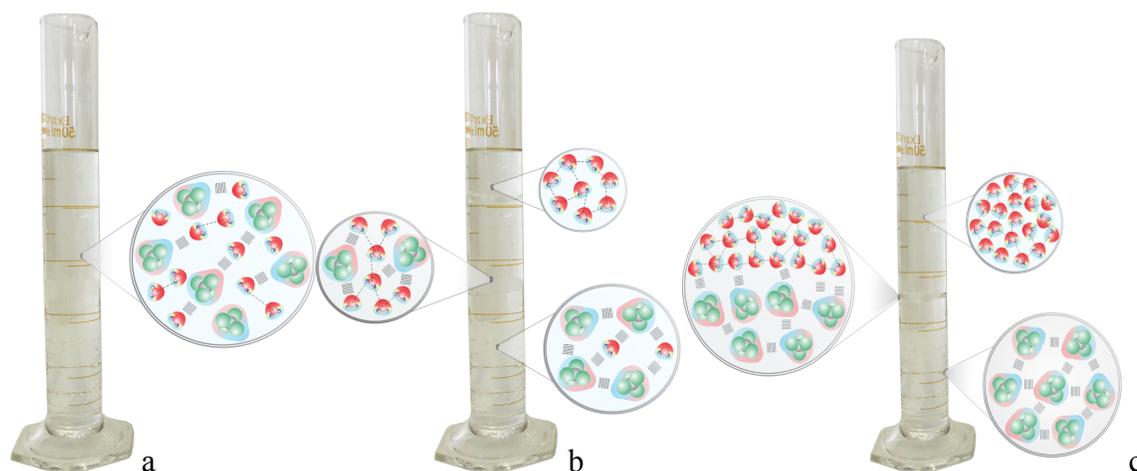
	Imagens	Descrição
9.		<p>A imagem 9 representa a interação entre duas moléculas polares, chamada de interação dipolo-dipolo. Estas moléculas possuem dipolos permanentes que produzem uma força de atração adicional entre a parte positiva e negativa das moléculas.</p>
10.		<p>A imagem 10 está representando as ligações de hidrogênio que ocorrem entre as moléculas de água. Este tipo de interação ocorre entre um átomo de hidrogênio em uma ligação H-F, H-O ou H-N e um par de elétrons não compartilhados em um átomo eletronegativo (geralmente F, O, N) em outra molécula.</p>
11.		<p>A imagem 11 representa o tipo de interação que ocorre entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono. Este tipo de interação é chamada de forças de dispersão, onde ocorre a indução de um polo elétrico na molécula não polar. Observe que o polo negativo da molécula da água induz a formação de um polo na molécula de tetracloreto de carbono.</p>

Tabela 5: Descrição de cada imagem elaborada para o primeiro sistema: Água e Tetracloreto de carbono. **(conclusão)**

12. **Imagem:**



Ao longo do tempo →

Descrição:

A imagem 12 representa uma sequência de provetas (a, b e c) que tentam transmitir o que acontece ao se misturar água e tetracloreto de carbono ao longo do tempo. Inicialmente (a) percebe-se que as moléculas das substâncias estão todas misturadas interagindo umas com as outras através de forças de dispersão, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio (somente entre as moléculas de água). Observe que nessas representações é possível identificar as nuvens eletrônicas distorcidas nas moléculas de tetracloreto de carbono e a orientação específica dos polos formados ao interagir com outras moléculas. Em (b) é possível observar que as moléculas começam a se separar e aumenta a concentração de água na fase superior e tetracloreto de carbono na inferior. Em (c) as substâncias estão completamente separadas, sendo possível observar as moléculas interagindo entre elas mesmas e também uma pequena interação na interface $\text{H}_2\text{O}-\text{CCl}_4$.

Fonte: Do autor.

Esta sequência de imagens foi elaborada pensando em representar todos os conceitos necessários para compreender o que ocorre quando duas substâncias são misturadas. A partir disso partiu-se para a elaboração do texto que explicaria as imagens.

4.2.2 Elaboração do texto

Com a sequência de imagens elaborada, partiu-se para a elaboração do texto que acompanharia estas imagens. Enfatizou-se uma conexão entre texto e imagem de modo que para entender uma imagem era necessário a leitura do texto e, para compreensão do texto fazia-se necessário a interpretação das imagens. Este tipo de interação faz com que o estudante seja encaminhado a utilizar ambos os recursos (visual e textual), o que muitas vezes não acontece nos livros didáticos. As imagens nem sempre são utilizadas pelos estudantes quando estes estudam pelo livro, pois muitas vezes estas imagens não apresentam relação direta ao texto ou apresentam apenas um papel ilustrativo na página em que se encontra (GKITZIA, 2011). Nesse sentido, entende-se a importância de materiais didáticos que utilizem imagens que apresentem uma relação de dependência com o texto e não apenas um papel ilustrativo.

O texto foi organizado de forma que em cada página foi abordado um assunto. Isso facilitou a avaliação realizada por meio de entrevista, a qual será descrita posteriormente. Os conteúdos discutidos no texto seguiram os dados obtidos no projeto piloto e todas as análises realizadas. Na tabela abaixo (TABELA 6) tem-se uma descrição geral dos tópicos abordados em cada página.

Tabela 6: Descrição dos conteúdos abordados em cada página do material elaborado.

(continua)

Página do texto	Descrição dos conteúdos abordados
Página 1	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução a respeito da solubilidade de algumas substâncias em outras; - Mistura das substâncias água e tetracloreto de carbono; <ul style="list-style-type: none"> - Diferentes compostos químicos que possuem diferentes composição e estrutura; - Estas diferenças são responsáveis pela imiscibilidade destas substâncias.
Página 2	<ul style="list-style-type: none"> - Composição química das partículas de água e tetracloreto de carbono; - Ligações químicas entre os átomos destas moléculas; - Geometria molecular; - Eletronegatividade dos átomos; - Polaridade das ligações entre os átomos destas moléculas.
Página 3	<ul style="list-style-type: none"> - Polaridade molecular: Como determinar se uma molécula é polar ou não polar; - Distribuição dos elétrons ao redor das moléculas: Cargas parciais.

Tabela 6: Descrição dos conteúdos abordados em cada página do material elaborado.

(conclusão)

Página do texto	Descrição dos conteúdos abordados
Página 4	- Atração eletrostática entre as moléculas de água; - Efeito do tamanho molecular no grau de interação entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono.
Página 5	- Forças intermoleculares: - Forças de dispersão (Entre CCl_4 - CCl_4 e H_2O - CCl_4); - Dipolo-dipolo (H_2O - H_2O) - Ligações de hidrogênio (H_2O - H_2O)
Página 6	- Interação entre H_2O - CCl_4 : Forças de dispersão; - Interação entre as substâncias ao longo do tempo.

Fonte: Do autor.

A partir desta descrição de conteúdos é possível observar uma conexão destes com as imagens apresentadas no tópico anterior. O material composto de texto e imagem encontra-se no Apêndice 2 deste texto.

Destaca-se também que, a cada página deste material buscou-se apresentar uma relação com a anterior de modo que, ao final, o estudante compreendesse o fenômeno em geral e não aprendesse apenas conceitos fragmentados.

4.2.3 Avaliação e análise do material didático

Este material foi avaliado por dois grupos de sujeitos: a) estudantes matriculados no curso de Química Geral da University of Arizona e b) estudantes matriculados no curso de Química Geral da Universidade Federal de Alfenas. Estes estudantes participaram de uma atividade conduzida por entrevista semiestruturada a qual teve como objetivo investigar como os estudantes interagem com o material composto apenas por imagens, com o material composto por texto e imagens e com o material somente com texto, buscando compreender qual a influência das representações visuais na compreensão do texto e vice versa (TABELA 7).

Três tipos de entrevistas foram realizadas com diferentes estudantes, conforme pode ser visto na Tabela 7, as quais serão descritas a seguir.

1ª. Entrevista com imagens

Nesta atividade os estudantes receberam a sequência de imagens elaborada e a cada imagem perguntas foram feitas com o objetivo de investigar aquilo que o estudante interpretava do fenômeno representado sem a influência do texto escrito.

2ª. Entrevista com texto e imagens

Na elaboração do material com texto e imagens, buscou-se abordar conteúdos específicos em cada página de modo que, ao ler cada página, pudesse explicar aquilo que ele entendeu sem que seu raciocínio fosse fragmentado. Buscou-se também elaborar uma sequência em que o texto e imagens possuíssem uma relação de dependência, ou seja, existe a necessidade do texto para a compreensão da imagem e vice-versa.

Nesta atividade os estudantes receberam o texto com as imagens e, após a leitura de cada uma, foi perguntado ao estudante que explicasse aquilo que ele havia entendido, sempre pedindo que ele utilizasse os conceitos discutidos em cada página para explicar o fenômeno observado no experimento.

3ª. Entrevista com texto

Nesta fase, as imagens foram removidas do material e o texto foi modificado para uma leitura sem imagens. Os estudantes leram página por página e, ao final de cada uma, foi pedido que estes fizessem uma representação daquilo que estava sendo discutido em cada página. O objetivo neste momento foi observar qual o modelo mental o estudante construiu ao receber apenas informações textuais. Este tipo de entrevista foi realizada apenas com os estudantes brasileiros.

Tabela 7: Quantidade de estudantes que avaliaram o material de acordo com seu tipo.

	Estudantes americanos	Estudantes brasileiros
Imagens	5	3
Texto e Imagens	5	3
Texto	-	3

Fonte: Do autor.

4.2.3.1 Análise das entrevistas realizadas somente com imagens

Nesta etapa será descrita como ocorreram as entrevistas somente com imagens realizadas com os sujeitos das duas universidades em que a pesquisa ocorreu (5 estudantes *University of Arizona* e 3 estudantes da Universidade Federal de Alfenas) e as análises provenientes dos dados obtidos. Serão apresentadas as similitudes encontradas nas respostas dos estudantes de ambos os países.

As entrevistas realizadas apenas com imagens ocorreram da seguinte maneira: o estudante recebeu a sequência das 12 imagens, que se encontram no Apêndice 3, uma por uma, e a cada imagem o entrevistador o instigou a explicar o que ele entendeu daquela representação e o que aquela imagem estava tentando transmitir.

Após observada cada imagem, o entrevistador perguntou ao estudante que explicasse porque as duas substâncias (H_2O - CCl_4) não se misturam, tentando observar se o estudante fazia conexões entre os conceitos representados nas diferentes imagens.

As entrevistas foram transcritas para que fosse possível encontrar padrões de raciocínio nas respostas dos estudantes. Para isto, as seguintes questões foram utilizadas para o levantamento das hipóteses:

- *Quais características das imagens os estudantes prestam atenção?*
- *Qual o tipo de raciocínio os estudantes expressam quando interagem com as imagens?*

Estas questões foram utilizadas na perspectiva de encontrar padrões nas respostas dos estudantes do mais geral ao mais específico. Este tipo de análise foi descrita na metodologia, a qual é denominada análise de conteúdo, onde partiu-se das respostas dos estudantes para que hipóteses fossem levantadas (BARDIN, 2009).

As principais hipóteses levantadas para as entrevistas com imagens serão descritas a seguir e podem ser visualizadas na Figura 11.

a. Alguns estudantes exibiram um padrão de raciocínio caracterizado como coerente, apresentando compreensão geral dos aspectos que estavam representados na imagem e avançaram em suas explicações, apresentando respostas com relações conceituais.

Observe os exemplos abaixo:

(Estudante 1)

"I = Ok. Now, look this one. What do you can observe?"

S = So, like the early ones, the first I see that, there's two different substances, it showing kind like a general picture like the molecules together and then the second set of bobbles the color kind indicates the electron charge, the charge density, seems like red's the area of higher electron density and blue is lower electron density, so like, the water we can see that there's an area that has a higher charge density or difference... the carbon tetrachloride seems like it's evenly, there isn't area where there's kind ? strong localization charge.

I = Okay. Why this cloud is little red?

S = Ann, to me that's showing that it there's a kinda like equal likelihood that electrons would be anywhere around it, as opposite the oxygen, the water where density be found in one area more than the other."

(Estudante 13)

"E: Vamos pensar. Aqui a gente tem uma concentração de uma cor mais forte, né, um vermelho, e aqui você ve que ele ta mais fraco, mais ele ta homogêneo, né. Por que que você acha que diferencia essas colorações?"

A: É porque, por exemplo, aqui na agua tem é o oxigênio ele é o mais eletronegativo que o hidrogênio né, então, por exemplo, numa ligação, eles estão compartilhando, compartilhando ou um transfere pro outro, no caso da água eles compartilham, aí aqui tá concentrado de vermelho mostrando que o oxigênio ele atrai mais fortemente os elétrons pro lado dele, então a densidade ela aumenta, a densidade dos elétrons ela fica mais concentrada no oxigênio, essa cor vermelha indica justamente isso, que, mostrando que os elétrons, eles estão mais perto do, do oxigênio, não, estão mais atraídos pelo oxigênio, só que não deixa que, que aqui também tenha, só que tem menos. Aí o oxigênio fica com a carga parcial negativa e o oxigênio com a carga parcial negativa e o oxigênio com a positiva.

E: O hidrogênio né.

A: É, hidrogênio.

E: Ta. E aqui em baixo?"

A: Aqui é por, por exemplo, eles são, é, eles tao divididos todos uniformemente igual, não tem um que puxa mais do que outro, nenhum exerce uma força maior, eles tão, tão distribuídos igualmente.”

É possível perceber nestes dois trechos de entrevistas acima que os estudantes foram capazes de identificar aspectos estruturais representados na imagem e fazer interpretações a respeito dos conceitos químicos representados, como por exemplo, quando dizem que as cores com diferentes intensidades ao redor dos átomos se referem à diferença de eletronegatividade destes, causando uma densidade eletrônica diferente ao redor de cada átomo. Apontam também que os elétrons estão uniformemente distribuídos ao redor da molécula de tetracloreto de carbono, o que é caracterizado pela leve coloração avermelhada. Esta capacidade de interpretar a representação pode ser resultado do conhecimento prévio destes estudantes e pelo desenvolvimento de uma habilidade metavisual (GILBERT, 2006) que os permite interpretar e utilizar representações visuais no processo de aprendizagem.

b. Alguns estudantes exibiram padrão de raciocínio coerente-fragmentado, o qual levou-os a construir explicações mais estruturais.

As explicações dos estudantes estão mais focadas em características estruturais do que nas características do processo, isto é, o estudante identifica as características relevantes na imagem, parece compreender os conceitos representados, mas eles não apresentam relações entre estes. Em geral, são respostas coerentes, mas sem relação entre os conceitos, caracterizando um raciocínio coerente fragmentado. Observe o seguinte exemplo.

(Estudante 1)

“I = Ok. Now, look this one. What do you think about this image? Forth.

S = So, this looks like they're showing the actual structures of the molecules as well the partial charges of the individual atoms between like the overall, it's like, the charge, if it's zero or not zero.

I = Which means these arrows?

S = Ann, the direction that the charge density, ann the negative charge density move towards, in concentration towards.

I = Okay, and these symbols? (deltas)

S = Ann, it shows the, the partial charges of the atoms.

I = Okay. Anything else?

S = That's it, like the red arrow can show the net, like, difference in charge density.”

O diálogo acima demonstra um exemplo em que o estudante descreve aquilo que está representado na imagem. Sua descrição é correta, no entanto ao final o estudante não apresenta uma generalização para sua explicação da imagem, ou seja, não explica o que ela está transmitindo e não a relaciona ao fenômeno que estava sendo discutido. Este tipo de resposta foi característico em quase todas as entrevistas, o que pode ser reflexo do processo de ensino em que estes estudantes estão inseridos, onde muitas vezes os conteúdos são estudados de forma fragmentada e nem sempre há uma correlação entre eles para compreensão de um conteúdo em uma atmosfera mais geral (diSessa, 1993), o que também pode ser evidenciado no exemplo abaixo:

(Estudante 13)

“E: Agora nesta terceira, que que você identifica que ta sendo representado aí?

A: Agora aí ta representado o que cada uma é, a de cima representa a água, porque tem, como eu falei antes, o oxigênio e os dois 'h' aqui e aqui ta representando a molécula do, do tetracloreto de carbono e aqui a de água. Então volta naquela pergunta inicial, a água ta em cima e o tetracloreto de carbono ta em baixo.

(...)

E: Certo. Da pra identificar mais alguma coisa em relação as substâncias, alguma coisa que você identifica? Ou somente que elas estão sendo representadas, cada uma representa uma fase mesmo?

A: Se eu consigo ver mais alguma coisa?

E: É, alguma coisa assim que possa influenciar elas estarem misturando ou não, neste caso a gente ve que elas não se misturam, ne. Existe alguma característica da substância que pode influenciar isso?

A: As vezes se eu olhasse muito a fundo eu poderia fazer, o modelo da ligação química e ver que elas não misturam pelo falo da polaridade, se eu tivesse um conhecimento, se eu tiver esse conhecimento eu acho que observando essa molécula eu consigo uma explicação de porque elas não se misturam.”

O exemplo acima caracteriza uma resposta coerente, no entanto com caráter fragmentado, pois o estudante descreve o que está representado na imagem e, ao ser questionado quanto a alguma característica dessas substâncias que fazem elas não se misturarem, não é capaz de avançar em suas explicações. Nesta imagem, esperava-se que o estudante se atentasse para a composição e estrutura geométrica dessas substâncias, podendo imaginar que isso poderia influenciar elas se misturarem ou não.

c. Alguns estudantes tenderam a construir explicações baseadas mais ‘naquilo’ que eles observam do que ‘por que’ algum fenômeno acontece, conforme descrito por Chin e Brown (2000), isto é, o estudante identifica o que está representado na imagem e em alguns momentos eles não sabem de maneira profunda o que aquilo significa.

Isso pode acontecer, como apontam Zhang e Linn (2011), devido as imagens muitas vezes não serem autoexplicativas, sendo de difícil compreensão e gerando uma visão superficial. Observe o exemplo abaixo.

(Estudante 3)

I = Ok. So, look this one. What do you understand when you see this image?

S = Mnn, the, this one is bigger than the water molecule, the carbon tetrachloride is bigger, and I think it's showing a comparison like how big it is... I'm going for I'm like the size mostly.

I = Ok. What do you understand, what's the difference between A and B?

S = 'A' only has all water molecules, and B has four carbon tetrachloride and one water molecule. And they're not mixing, they're not...

I = Which it means?

S = Like, like they're not interacting with each other or mixing or baking anything, like.

I = Ok. Ok, anything else?

S = No, I don't think so."

O exemplo acima representa uma resposta em que o estudante enfatiza aquilo que está representado na imagem num aspecto descritivo, ou seja, ele observa aquilo que está representado e identifica os principais componentes, porém ele não explica porque estes componentes estão

representados de determinada maneira. Este tipo de resposta é característica de um raciocínio estrutural, o qual Chin e Brown (2000) classificam como superficial, onde os argumentos utilizados pelos estudantes não possuem profundidade. Isso também pode ser observado no exemplo abaixo:

(Estudante 12)

“E: Ok. Certo. Então vamos olhar essa próxima aqui. Olhando essa próxima, o que que você acha que ela ta querendo dizer?”

A: Ela, essa aqui ta mostrando o ponto de encontro entre as duas substâncias. E essa aqui só ta mostrando o que que é cada substância.”

Esta resposta também caracteriza um padrão de raciocínio mais estrutural, onde os aspectos enfatizados são apenas descritivos, onde o estudante não explica de modo mais aprofundado o que a imagem quer transmitir. Neste caso, a imagem em questão era a imagem 6 (APÊNDICE 3), a qual representava, além do encontro das substâncias, o modo como as moléculas de água se orientam ao aproximarem umas das outras devido seus dipolos permanentes.

d. Alguns estudantes prestam mais atenção nas cores das moléculas do que na estrutura geométrica destas, por exemplo.

Observe o seguinte exemplo:

(Estudante 3)

“I = Ok. So, the next one. What do you think this image is trying to represent?”

S = Ann, the top is water and the bottom is tetrachloride?

I = Carbon tetrachloride.

S = Carbon tetrachloride.

I = And what else can you see?

S = (pause) Mnn...I think if I was looking at this I'll think the red is water and the blue means tetrachloride...And they're not mixing.”

Neste exemplo é possível evidenciar que o estudante identifica quais são as moléculas representadas em cada fase da proveta, mas não presta atenção na geometria molecular de cada

uma. Em geral, o foco do estudante está nas cores de cada molécula. Neste caso, pode-se dizer que as cores são importantes para a identificação e diferenciação das moléculas, no entanto, a não atenção para a estrutura geométrica indica que os estudantes prestam mais atenção em aspectos superficiais da imagem.

Identificar e compreender qual a geometria de uma molécula influencia no entendimento de tópicos como polaridade molecular, um dos conceitos importantes para se compreender se uma molécula irá interagir com outra ou não. Nesse sentido, entende-se que a atenção do estudante não deve estar apenas voltada para aspectos visuais como, por exemplo, as cores das imagens. É preciso que o estudante seja instigado a extrair mais informações das imagens, visto que estas informações poderão auxiliá-lo na compreensão de conceitos importantes.

A Figura 11 resume as principais características evidenciadas nas respostas dos estudantes por meio das entrevistas realizadas apenas com imagens.

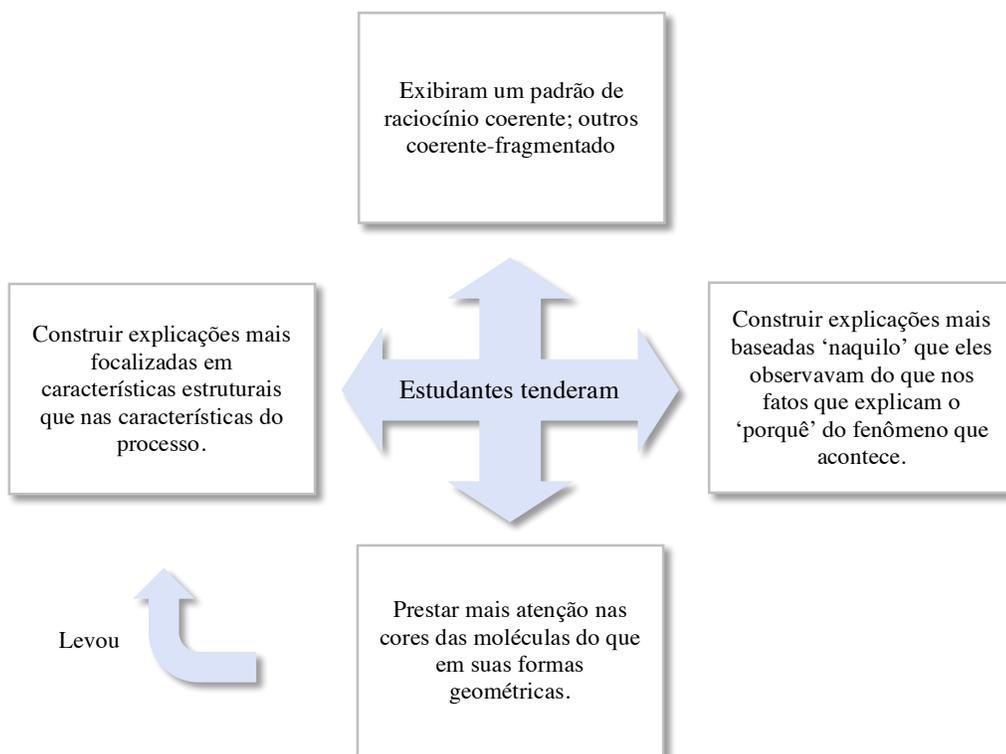


Figura 11: Esquema que representa as principais características identificadas nas entrevistas com imagens.

Fonte: Do autor.

4.2.3.2 *Análise das entrevistas realizadas com texto com imagens*

As entrevistas realizadas com texto e imagens ocorreram com oito estudantes, sendo cinco da *University of Arizona* e três da Universidade Federal de Alfenas. As entrevistas ocorreram da seguinte maneira: o estudante recebeu uma página de cada vez de um total de seis páginas e o estudante deveria ler cada página e explicar aquilo que ele entendeu. A cada página lida o entrevistador também perguntou ao estudante o que naquela página o ajudou a compreender o porquê das substâncias água e tetracloreto de carbono não se misturarem. Com esta questão o entrevistador buscou compreender se o estudante conectava os conceitos discutidos em cada página para generalizar sua resposta, buscando encontrar no estudante um padrão de raciocínio mecanístico e não superficial ou fragmentado.

Diante desta questão, pode-se discutir a respeito das sequências didáticas apresentadas nos livros didáticos que são utilizados em sala de aula. Os livros didáticos costumam apresentar uma sequência de conteúdos por capítulos os quais na maioria das vezes não apresentam relações. Isto pode favorecer que o estudante tenha uma aprendizagem fragmentada, onde ele não encontra relação entre os conceitos aprendidos e não há construção de um conhecimento generalizado, o qual pode ser aplicado em outras situações. Nesse sentido, entende-se que, se o livro didático é uma fonte de conhecimento e um instrumento muito utilizado nas escolas, cabe refletir se estas sequências deveriam ser modificadas de modo a apresentar uma maior conexão entre seus capítulos e/ou conceitos ensinados.

Cada página, conforme descrito no item 4.2.2, foi pensada de modo que apresentasse uma relação com a anterior, de modo que os conceitos discutidos em cada uma favorecessem a explicação geral do fenômeno estudado. As entrevistas realizadas foram transcritas e analisadas, de modo que fosse possível encontrar padrões de raciocínio nas respostas dos estudantes, observando como eles interagem com o material e similitudes em suas respostas.

As seguintes questões foram utilizadas durante a análise das entrevistas para levantamento de hipóteses:

- *Como os estudantes usam as imagens para entender os conceitos descritos no texto?*
- *Quais características das imagens os estudantes prestam atenção?*

- *Qual o tipo de raciocínio os estudantes expressam quando interagem com o texto e imagens?*

As principais hipóteses levantadas para as entrevistas com texto e imagens estão representadas na Figura 12 e serão descritas a seguir.

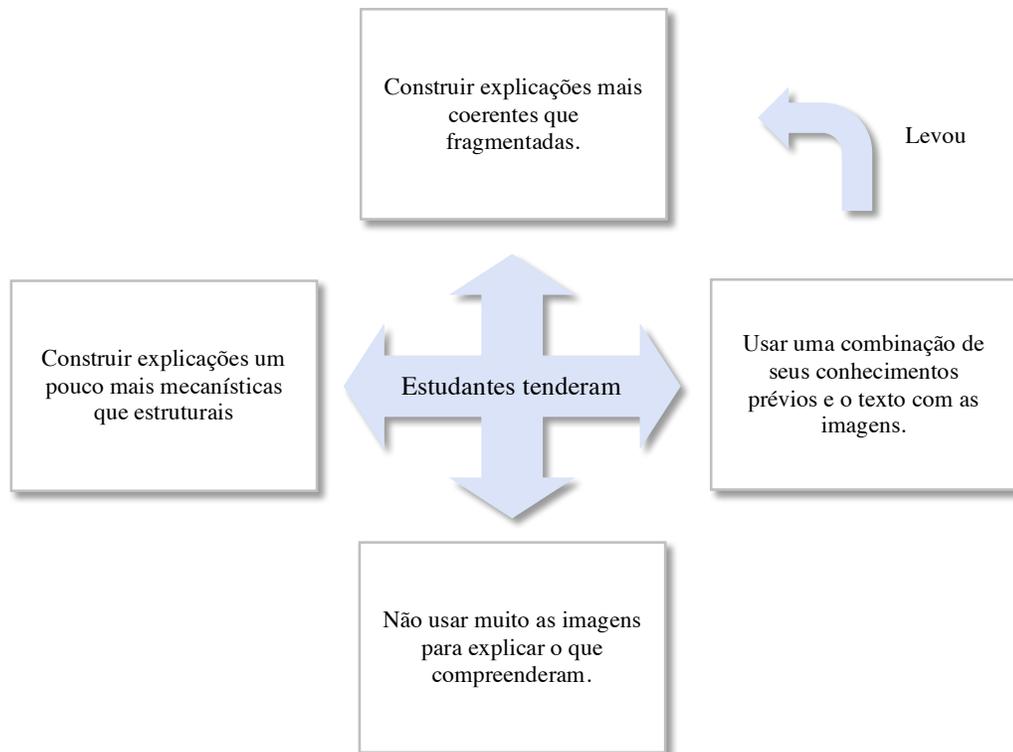


Figura 12: Esquema das principais características identificadas nas entrevistas com texto e imagens.
Fonte: Do autor.

a. Alguns estudantes tendem a construir explicações com caráter um pouco mais mecânico que os estudantes que realizaram a entrevista somente com imagens. Isto é, eles tendem a identificar características relevantes no texto e nas imagens, apresentam interações entre estas características e falam sobre o processo que resulta destas interações.

Observe o seguinte exemplo.

(Estudante 6)

“I = Ok. Could you tell me the main ideas in this page?”

S = Ann, so, I think it's talking about the valence electron distribution and molecular size, so like the differences between the carbon tetrachloride and the water.

I = Ok. What can you tell me about the size difference?”

S = So, the carbon tetrachloride is like so much large molecule compares to H₂O, so they used to all in a mixture, the carbon tetrachloride molecules cannot interact as easy because the carbon tetrachloride is much bigger, like, could interact I guess between the molecules but like a small molecule meets small molecules like the water meets itself. It's more easier for the water molecule access to more water molecules than for the water molecules have access to bigger, like carbon tetrachloride.

I = Ok. So until now, how could you explain why these two substances don't mix? With all these pages.

S = Ah, I'd say size difference, so, the, like the water can interact better with itself than with the carbon tetrachloride, just because I guess CCl₄ is so much bigger. The water has dipole moment and like strong polarity, so it's gonna be more attracted like, to something that has another opposite charge versus the carbon tetrachloride it's a non polar molecule even it has polar bonds, so those carbon tetrachloride molecules will interact more with themselves than with water, and then like, valence electrons distribution, how that kind impacts like the actual charges on the different molecules.”

Este trecho da entrevista corresponde à página 4 do texto, o qual aborda conceitos relacionados à atração eletrostática entre as moléculas de água e o efeito do tamanho molecular no grau de interação entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono. É possível perceber que o estudante identifica os principais conceitos descritos no texto e ao final, quando lhe é perguntado por que estas substâncias não se misturam, ele é capaz de se referir a conceitos descritos nesta página (influência do tamanho das moléculas, por exemplo) e nas páginas anteriores (diferença de cargas e polaridade, por exemplo).

Este tipo de resposta caracteriza um padrão de raciocínio mais mecanístico, o qual é representado por maior profundidade em seu pensamento. Há um caráter desfragmentado em que o estudante, ao ser questionado por uma questão mais ‘geral’, consegue conectar diferentes

conceitos em sua explicação, não ficando preso em aspectos discutidos somente da página que acabara de ler.

Como apresentado na Figura 12, o estudante não utiliza as imagens para explicar aquilo que entendeu. Entende-se que, ao ler o texto, o estudante pode utilizar as imagens para a compreensão dos conceitos descritos, ou apenas para conferir o que está sendo falado, como aponta Levie e Lentz (1982) ao dizer que estudantes com uma estrutura cognitiva mais desenvolvida em alguns momentos utilizam representações visuais apenas para ‘conferir’ aquilo que o texto diz, ao contrário de estudantes com uma estrutura cognitiva pobre, que necessitam que as representações visuais tenham uma função cognitiva e compensatória, facilitando a aprendizagem do conteúdo, aumentando a compreensão e retenção e promovendo informações adicionais.

b. Alguns estudantes tendem a construir explicações com um padrão mais coerente. Em certos momentos eles revelaram um conhecimento um pouco fragmentado descrito como “conhecimento-em-peças” por diSessa (1993), no entanto alguns estudantes apresentaram uma conexão das principais ideias de cada página e construíram respostas um pouco mais coerentes.

O diálogo abaixo representa um exemplo de uma resposta considerada mais coerente, a qual se refere à página três do texto, discutindo conceitos de polaridade molecular e a distribuição de elétrons ao redor das moléculas (APÊNDICE 2).

(Estudante 9)

“I = Ok? So what did you understand in this page?”

S = Ann, it's showing and describing bond polarity and how that are relates to molecular polarity, how they're, how the electrons are distributed across the entire molecule and the story talking about the bond dipoles and how if they're pointing the same way, if you can draw them and them cancel out on top with each other or if they don't cancel out then it's more likely a molecular, dipole moment, like a bond dipole and that it's a polar molecule and if they in general cancel out then it say non polar molecule. Or if they do cancel out it's a non polar mixture.

I = Ok. So, and about this second part of the text.

S = Oh, the polar molecule like in H₂O molecule there's regions of negativity and regions of partial positivity like the O atom would be the region of partial negative because it has more uneven

distribution of electrons around the molecule and if you shaded it's red and if it's partial positive it's blue.

I = Ok. So, what in this page helped you to understand why these two substances don't mix?

S = I think it have been introducing bond dipoles, before I've been really confuse in how they cancel out, because I've guess seem ? then draw over each other and so that's how I understand it, but there was like a clear, I didn't say that very clearly, and I understood really well this part where it talks about partial positive and partial negative ? distributed on the molecule.

I = Ok. So, now you, after you read these pages, three pages, how can you explain this phenomenon, why water and carbon tetrachloride don't mix?

S = Ahhn, because.. why they look like this?

I = Yeah, after you read, how can you explain what is important to know to explain this phenomenon?

S = Well, they have different molecular geometries which mean that they have different distribution of electrons, so they, water has a dipole and opposite the other one called carbon tetrachloride does not, so they don't connect at all because it's a non polar molecule and the electronegativity factors as well."

O estudante, ao ler esta página, destaca aspectos relacionados à polaridade da ligação e a polaridade molecular. Ele descreve como utilizar as 'setas' para identificar se uma molécula é polar ou não polar, qual a razão das diferentes cores ao redor das moléculas, indicando regiões de alta e baixa concentração de elétrons. Considera-se que o estudante foi capaz de falar sobre as principais ideias descritas nesta página, apresentando um raciocínio coerente.

Ao final, ao ser questionado sobre como explicar porque as substâncias água e tetracloreto de carbono não se misturam de acordo com as páginas lidas até aquele momento, o estudante generaliza sua resposta destacando aspectos de distribuição eletrônica, eletronegatividade, momentos de dipolo e diferentes polaridades. Isto caracterizou um pensamento mais coerente e não fragmentado, visto que não se atentou apenas para conceitos discutidos naquela página, mas tentou generalizar sua resposta com os demais conceitos discutidos nas páginas anteriores.

Este tipo de atividade faz com que o estudante conecte conceitos importantes para a explicação do fenômeno em questão. Cabe destacar a importância dos textos didáticos serem elaborados de tal forma que contemplem uma conexão entre páginas e capítulos, pois muitas vezes

esta falta de conexão pode fragmentar a aprendizagem do estudante. Isso ocorre pois, em muitos casos, os livros didáticos são fonte de pesquisa para o professor no preparo de suas aulas, o qual utiliza a mesma sequência didática apresentada por este material em suas aulas. Nesse sentido, o professor deve se atentar para a sequência apresentada por este material e encontrar meios de conectá-los para que a aprendizagem se torne menos fragmentada e superficial, propiciando uma aprendizagem coerente e mecanística.

c. Os estudantes tenderam a usar uma combinação de seus conhecimentos prévios e o texto com as imagens para construir uma explicação para o fenômeno em questão. Observe os exemplos abaixo.

(Estudante 15)

“A: Eu entendi que a única, a única ligação que as moléculas apolares fazem é a força de dispersão umas com as outras.

E: Ahan.

A: Ou seja, como ela tem uma, como ela são uma das mais fracas forças dipolo dipolo, é dipolo induzido né, a mais fraca, então seria dipolo induzido, então aqui ta falando se você pudesse parar os elétrons você veria em uma parte mais elétrons do que na outra, só que como elas interagem rápido uma com as outras aí fica tipo formando campo e logo já desfaz.

E: Certo.

A: Aí, como a água é apolar, então ela tem a..

E: Apolar?

A: Polar!! Ela tem ligação dipolo-dipolo. E aí ta falando que, umas das ligações mais forte é a ligação de hidrogênio, que é de hidrogênio com oxigênio, com nitrogênio e com flúor. E aí fala que pra romper essa ligação pra acabar com ela, como ela é muito forte, o ponto de ebulição tende a ser mais alto, então pra acabar tem que ser muito, tem que investir muito mais energia do que nas outras.

E: Ahan. Ta. Você acha que esse tipo de interação influencia elas se solubilizarem ou não umas nas outras?

A: Sim. Sim. Eu acho que seria também pela uma ser mais, uma precisar de mais energia para ser quebrada e a outra não, então acho que isso daí influencia conforme, porque se você for misturar o tetracloreto com a água, como o tetracloreto é mais fraco, então você não precisa de tanta

energia, então o ponto de ebulição seria mais baixo. Então se eu aquecer eles evaporariam mais rápido que a água.”

Este exemplo refere-se a quinta página no texto elaborado, a qual discute aspectos relacionados às forças de interação entre as moléculas de água e tetracloreto de carbono. O estudante apresenta em sua resposta os principais conceitos discutidos na página, como a força de dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. Ao questionar o estudante se essas interações influenciavam estas substâncias se misturarem ou não, o estudante afirmou que elas influenciam e que isso altera o ponto de ebulição desta substância.

É possível compreender que neste momento o estudante usa uma combinação de seu conhecimento prévio e das informações obtidas no texto para formular seu pensamento, pois no texto, não há nenhuma referência à propriedade ponto de ebulição destas substâncias. Observe também o seguinte exemplo.

(Estudante 6)

I = Ok Margaux. Could you summarize what this page is talking about? What did you understand?

S = It's like introducing why some substances don't mix with each other, and then why some do and so, it gives an example, water and carbon tetrachloride.

I = Ok. So, we know that this text is about two substances that don't mix. What is in this page that helped you to understand this phenomenon?

S = Ann, the pictures, like..

I = The pictures?

S = The visual, it helps me like remember things; there's a visual pictures or diagram charge, yeah.

I = And about the concepts, could you tell me a little bit more about what concepts are in this page that helped you understand, there is something...

S = Well, I mean, it's talking about two solutions that, with different properties, so because of these properties they don't interact much with each other, like tetra, carbon tetrachloride is like a very long molecule and the it shows it a very small molecule and so they have different molecular properties.”

A página em questão apresenta uma introdução a respeito da solubilidade de algumas substâncias em outras, a mistura das substâncias água e tetracloreto de carbono, aborda aspectos

relacionados aos diferentes compostos químicos que possuem diferentes composição e estrutura, sendo estas diferenças responsáveis pela imiscibilidade destas substâncias.

Após a leitura, o estudante destaca que esta página é uma introdução que aborda o porquê de algumas substâncias misturarem e outras não. Ele destaca que as imagens presentes nesta página auxiliam na compreensão do fenômeno, no entanto ele não utiliza estas imagens quando está explicando aquilo que compreendeu.

Ao responder a questão do entrevistador sobre quais conceitos nesta página o auxiliaram a compreender o fenômeno em questão, o estudante destaca que as soluções possuem diferentes propriedades devido as moléculas possuírem diferentes tamanhos, resultando em diferentes propriedades moleculares.

Esta fala do estudante destaca o uso de seu conhecimento prévio ou intuitivo, conforme descrito por Shtulman e Valcarcel (2012), os quais destacam que o estudante não entra numa sala de aula com a mente vazia, pronta para ser cheia de conhecimento. Esta colocação se deve ao fato de que esta página não abordava nenhum conceito relacionado ao tamanho das moléculas e qual a influência desta característica na interação destas. Este conhecimento apresentado pelo estudante advém de experiências anteriores deste, que neste momento, ao interagir com o texto lido, foram acessadas em sua estrutura cognitiva e formulada sua resposta para o questionamento realizado. Neste sentido, entende-se que houve uma combinação de seus conhecimentos prévios juntamente com aspectos descritos no texto na explicação do fenômeno em questão.

d. A maioria dos estudantes tenderam a não utilizar as imagens para explicar o que eles entenderam, mas eles revelam que elas são realmente úteis para entender o texto.

No decorrer das entrevistas, foi possível identificar que os estudantes não utilizam as imagens presentes no texto para explicar aquilo que eles entenderam. No entanto, alguns justificam que as imagens são úteis e auxiliam na compreensão do texto enquanto estavam lendo, conforme os exemplos abaixo.

(Estudante 6)

“S = The visual, it helps me like remember things; there's a visual pictures or diagram charge, yeah.”

(Estudante 7)

“S = Ahan, I’m a very much picture person, but I need more than, like, I need less words and more pictures. The pictures are good, but like, I still need the text and the context.”

(Estudante 8)

“Overall I think that like these pictures were definitely helpful, the top ones I see that more help from the bottom ones, in my perspective, the bottom one, I think just because although like the bottom one it does show polarity like the region, I would say that like overall if I really coming into chemistry I can, I would say like, I only understand what the blue and the red mean, as suppose to here where seems like the arrows are pointing for directions.”

(Estudante 9)

“S = For me it’s not. It will be really difficult cause I like to read and then look at the images to like really understand what’s going on. But, the pictures help a lot, I think just text will be pretty hard.”

(Estudante 15)

E: Durante a leitura do texto as imagens te ajudaram a compreender o texto?

A: Ajudaram.

E: Facilitou a imaginar?

A: Facilitou.

E: Certo. Você costuma utilizar representações assim quando você ta estudando? Ou elas passam mais batidas?

A: Não, passam mais batidas, mas aqui eu usei bastante, achei mais fácil.”

Estes são alguns exemplos onde os estudantes ou apontam como as imagens são úteis ou as utilizam em suas explicações daquilo que entenderam. Em certos casos, pode-se dizer que os estudantes utilizam as imagens apenas enquanto leem o texto para, por exemplo, conferir a informação descrita no texto. No entanto, para alguns estudantes elas são exploradas como um meio de compreensão, a imagem passa a não ser apenas um recurso de ‘conferência’ daquilo que

esta sendo discutido no texto, mas sim como um instrumento de aprendizagem, sendo que aquilo que está representado auxilia-o a compreender com mais profundidade o texto em questão.

Neste sentido, enfatiza-se que as imagens podem ser consideradas por alguns estudantes como úteis. No entanto, é preciso que o professor, ao utiliza-las no processo de ensino, entenda qual seu objetivo pedagógico e explore esta representação com o intuito de auxiliar todos os estudantes a compreenderem aquilo que está representado. O estudante precisa também adquirir uma capacidade chamada metavisual, a qual o auxiliará na compreensão das representações (GILBERT, 2006) e esta habilidade pode ser trabalhada e ensinada pelo professor mediador.

4.2.3.3 Análise das entrevistas realizadas somente com texto

Um dos momentos de análise do material didático elaborado foi realizado com três estudantes da Universidade Federal de Alfenas. Estes estudantes realizaram uma análise do material constituído apenas com texto, sem presença de imagens. Para isso, o material elaborado foi modificado e adaptado para que sua leitura fosse compreendida sem a presença das imagens (APÊNDICE 4). Cada página continha o mesmo assunto discutido no texto com imagens e, ao final de cada uma, pediu-se ao estudante que fizesse uma representação daquilo que estava sendo discutido em cada página, conforme exemplo abaixo (FIGURA 13):

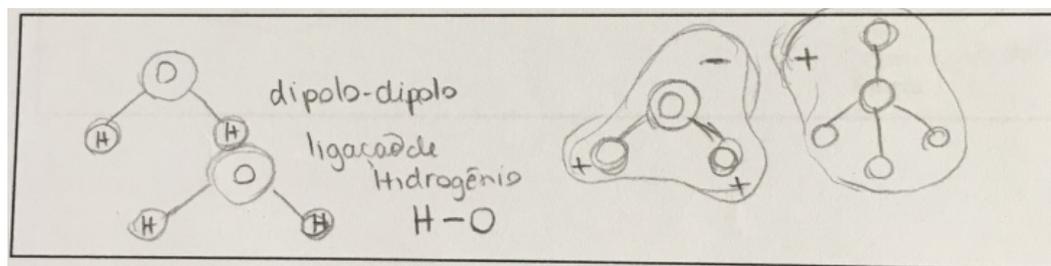


Figura 13: Exemplo de representação feita por estudante referente à página 5 do texto.
Fonte: Do autor.

O objetivo desta atividade consistiu em compreender como o estudante interage com o material composto apenas por texto e, ao representar aquilo que compreendeu sobre aquela página, ser possível entender qual o modelo mental que o estudante criou em sua estrutura cognitiva a

respeito do tema estudado. É preciso compreender também que este tipo de atividade leva em consideração as informações obtidas e compreendidas no texto pelos estudantes e uma combinação destas informações com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do sujeito.

A análise destas entrevistas ocorreu levando-se em consideração as seguintes questões:

- *Como os estudantes interagem com o texto?*
- *Qual o tipo de raciocínio os estudantes expressam quando interagem com o texto?*
- *As representações que os estudantes fazem são coerentes com os conceitos descritos no texto?*

As entrevistas somente com texto foram realizadas apenas com estudantes brasileiros porque, ao final das análises das entrevistas com imagens e com texto com imagens, achou-se importante compreender como os estudantes iriam interagir com um material composto apenas por texto e como eles poderiam representar o que entenderam em cada página, o que possibilitaria entender o modelo mental criado na estrutura cognitiva deste sujeito, bem como entender a influência ou falta que as imagens fazem para a compreensão do texto.

As informações obtidas nesta etapa foram analisadas e os dados permitiram chegar as seguintes afirmações:

a. Alguns estudantes apresentaram um raciocínio considerado coerente, o que foi evidenciado pela capacidade de explicar os principais conceitos discutidos em cada página, bem como construir representações que revelaram uma estrutura cognitiva com modelos mentais coerentes.

No geral, pode-se dizer que estas representações nem sempre se caracterizaram como profundas, em alguns momentos baseavam-se apenas nos aspectos fenomenológicos. No entanto, revelaram uma compreensão adequada dos conceitos descritos no texto. Observe o exemplo abaixo.

(Estudante 17)

“E: Agora a gente tem uma última discussão aqui a respeito assim, do geral das forças que estão entre essas substâncias.

A: Então, da água então seria os três, dispersão, dipolo-dipolo e ...

E: Todas as moléculas, independente se são polares...

A: Elas têm essa dispersão.

E: Elas têm dispersão.

A: Por conta da eletrostática.

E: Isso.

A: Entendi. Isso mesmo.

O que eu entendi dessa parte seria a força das interações, né. Que você tem uma força, é, maior ali pra molécula de água com água do que de água com tetracloreto, aí por isso as moléculas de água vão ficar mais próximas de si do que com as moléculas de tetracloreto, tanto por causa também do tamanho das moléculas de tetracloreto de carbono. Aí você tem aquela interação delas de dipolo induzido, mais só que ela não é permanente né, você, depois que você mistura e espera um tempo ela retorna e forma as duas fases, porque ela não tem uma interação grande uma com a outra.

E: Ahan.

A: Agora desenhar isso.

E: Como você desenharia?

A: Eu não sei desenhar isso daí.

E: Tenta. Como que você faria isso ao longo do tempo assim, se você pudesse fotografar essa, esse fenômeno assim.

A: Então posso fazer em duas partes. Eu teria uma solução meio que homogênea por um tempo...

E: Ahan.

A: Eu teria a separação de fases.

E: Ok.”

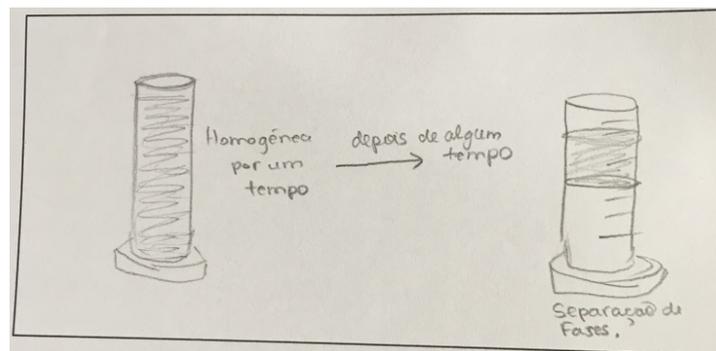


Figura 14: Representação feita por um estudante para a mistura entre água e tetracloreto de carbono ao longo do tempo.

Fonte: Do autor.

A explicação do estudante aponta para um raciocínio coerente, descrevendo e discutindo os principais conceitos desta página. Percebe-se também que sua representação (FIGURA 14) contempla apenas aspectos fenomenológicos do conhecimento químico. Diante dessas observações, pode-se dizer que o estudante apresenta um raciocínio coerente, mas pouco mecanístico, pois como CHIN e BROWN (2000) apontam, estas explicações geralmente abordam o aspecto microscópico, descrevendo entidades não observáveis e as relações existentes entre elas ou seja, suas explicações não ficam apenas no campo fenomenológico, naquilo que é observável, mas avançam na explicação dos modelos.

b. A maioria dos estudantes representaram ou aspecto macroscópico, ou o aspecto submicroscópico, ou o aspecto simbólico do conhecimento químico. Em poucos casos evidenciou-se ambos em uma mesma representação.

As representações feitas pelos estudantes permitiram a compreensão daquilo que eles entenderam do texto escrito, revelando conseqüentemente o modelo mental que o estudante havia construído em sua mente, ou por influência do texto ou por seu conhecimento prévio, ou por combinação de ambos.

No exemplo abaixo é possível observar a representação que um estudante faz após a leitura da página 2. Esta página discute conceitos relacionados a composição das moléculas de água e tetracloreto de carbono, eletronegatividade dos átomos constituintes, geometria destas moléculas e polaridade das ligações que compõem essas moléculas. Observe a representação que o estudante propõe neste caso (FIGURA 15).

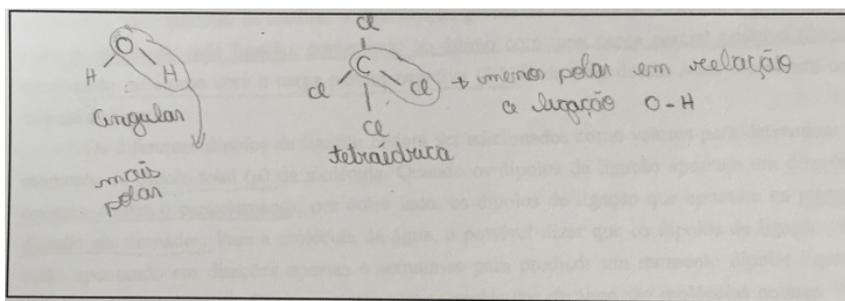


Figura 15: Representação feita por um estudante em relação a estrutura e geometria das moléculas de água e tetracloreto de carbono.

Fonte: Do autor.

Nesta figura o estudante representa a molécula da água e do tetracloreto de carbono enfatizando suas geometrias e destacando as ligações que são consideradas polares. Observa-se uma representação simbólica, sem inferir sobre os aspectos macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico. De acordo com Gilbert (2008), a capacidade de relacionar esses três aspectos é uma habilidade importante para o aprendizado em Química. A não relação entre estes aspectos a qual foi evidenciada nas representações feitas pelos estudantes pode ser um indicativo de uma aprendizagem fragmentada.

As três imagens abaixo (FIGURA 16) são representações feitas pelos estudantes referentes à página 4 do texto. Esta página discute aspectos relacionados à orientação das moléculas quando estas aproximam-se uma das outras e a influência do tamanho destas moléculas ao interagirem umas com as outras. A orientação neste momento foi que o estudante fizesse uma representação que considerasse a interação destas moléculas, atentando-se para o tamanho e cargas destas.

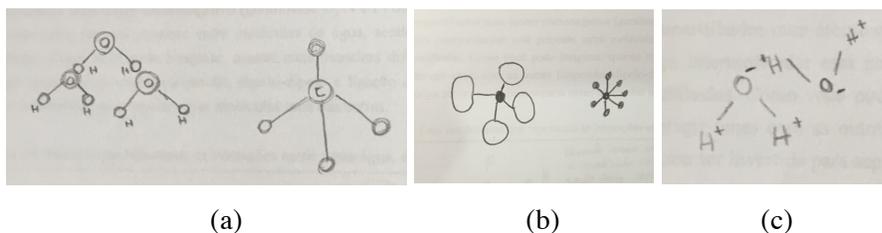


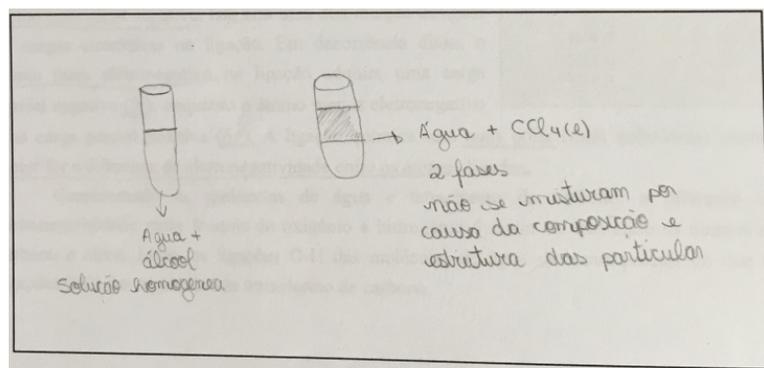
Figura 16: Representação dos estudantes 17 (a), 18 (b) e 19 (c), referentes à página 4 do texto.

Fonte: Do autor.

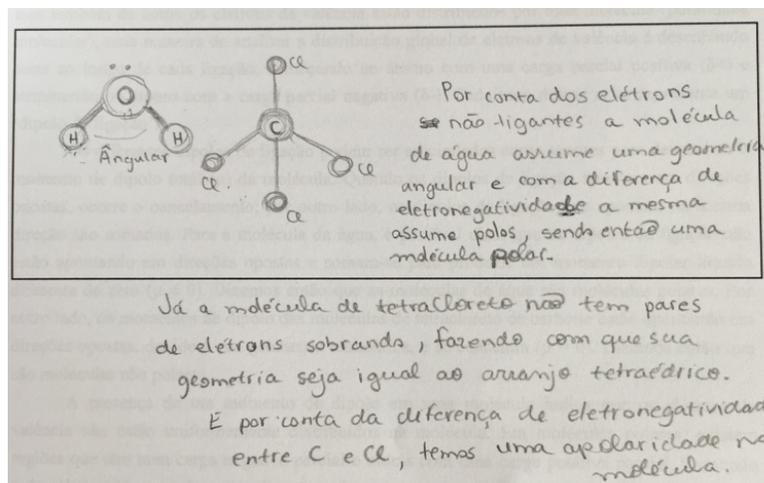
Estas representações revelam diferentes escolhas que os estudantes fizeram ao se depararem com a orientação daquilo que deveriam desenhar. Em (a) observa-se que o estudante representa moléculas de água ao se aproximarem uma das outras, mostrando que há uma orientação específica nesta interação. O mesmo pode ser evidenciado em (c). Em (a) ainda é possível observar que o estudante desenha uma molécula de tetracloreto de carbono sozinha, apontando que esta não tem um modo de interação específico com elas mesmas. Já em (b) observa-se um desenho que representa como as moléculas interagem umas com as outras com relação ao tamanho destas, tentando reproduzir exatamente aquilo que o texto diz sobre a influência do tamanho destas moléculas, mas não se atenta para as informações em relação à orientação das moléculas da água devido suas cargas parciais positiva e negativa, por exemplo. Considera-se que em (a) uma

representação do tipo submicrosimbólica, em (b) uma representação submicroscópica e em (c) uma representação do tipo simbólica.

c. Alguns estudantes tenderam a apresentar textos e/ou legendas junto com suas representações com o objetivo de explicar aquilo que estavam tentando representar. Isso pode indicar que há uma certa dificuldade para os estudantes em compreenderem imagens sem um texto que as acompanhe. Observe as figuras abaixo (FIGURA 17).



(a)



(b)

Figura 17: Representações feitas por estudantes em relação à página 1(a) e 2 (b) do texto.

Fonte: Do autor.

Na Figura 17a, o estudante apresenta uma legenda com caráter descritivo e explicativo (GKITZIA, 2011) para sua representação. É possível observar que sua representação e legenda

representam aquilo que está descrito no texto (OTERO, 2002) considerando o aspecto fenomenológico do conhecimento químico (GILBERT, 2008).

A Figura 17b, o estudante escreve um pequeno texto explicando aquilo que compreendeu em relação à segunda página do texto. É possível observar que sua representação aborda os aspectos simbólico e submicroscópico do conhecimento químico, não abordando o aspecto fenomenológico. A escrita, assim como as representações feitas pelo estudante, muitas vezes revela aquilo que o estudante compreendeu sobre determinado assunto. Neste caso, compreendeu-se que estas informações buscaram auxiliar a compreensão das representações que eles fizeram. Em alguns momentos declaram que preferiam só escrever que desenhar, como é o caso das falas abaixo.

(Estudante 17)

“A: Mais fácil explicar com palavras do que com desenho.”

(Estudante 19)

“A: Ta. Não pode só escrever?”

E: Não, eu gostaria que você desenhasse alguma coisa assim que represente né, o que você entendeu sobre substâncias que se misturam ou não.

A: Ta. Pode ser uma coisinha simples?”

Suas representações são coerentes e revelam uma compreensão básica dos conceitos que foram descritos em cada página. Esta atividade foi importante pois possibilitou a compreensão do modelo que o estudante construiu em sua estrutura cognitiva a respeito do tema em questão. Neste caso, entende-se que o ensino apenas com recursos textuais leva o estudante a construir representações internas de acordo com a sua própria capacidade de abstração e de acordo com o conhecimento prévio que este possui em sua estrutura cognitiva, como foi abordado anteriormente. De acordo com Paivio (1986), o texto quando combinados com imagens leva a construção de estruturas cognitivas mais elaboradas que texto utilizados sem imagens. No entanto, entende-se que também são importantes atividades em que os estudantes representem aquilo que entenderam, pois revelam seus modelos mentais e isso pode ser um instrumento para que o professor possa

conhecer estes modelos e se estes estão conceitualmente corretos ou precisem passar por um processo de metavisualização, como descrito por Locatelli (2011).

As principais características evidenciadas nas entrevistas com texto podem ser resumidas na Figura 18.

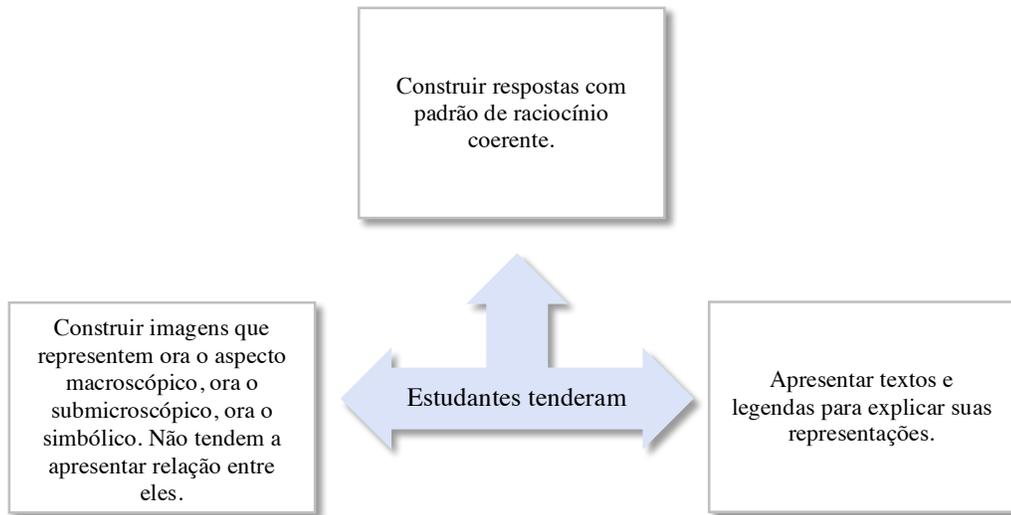


Figura 18: Esquema das principais características identificadas nas entrevistas com texto.
Fonte: Do autor.

4.2.4 Análise das relações entre os tipos de materiais e os sujeitos participantes

A partir das análises iniciais realizadas para cada tipo de entrevista, buscou-se relações entre as principais diferenças e similitudes nas entrevistas realizadas para cada tipo de material: Imagens, Texto e Texto com Imagens. Abaixo serão descritas as relações encontradas em relação a esses materiais e os sujeitos das diferentes universidades, buscando evidenciar padrões de raciocínio considerados coerentes, coerentes fragmentados e incoerentes, apresentando também quais seriam as relações previstas num raciocínio mecanístico.

4.2.4.1 Relações para cada tipo de material

Nesta seção serão descritas as análises realizadas para cada tipo de material elaborado, variando os sujeitos participantes da pesquisa (*Universit of Arizona* e UNIFAL-MG). Para estas análises, foram selecionados nas respostas dos estudantes alguns conceitos principais discutidos no material para explicação do fenômeno em questão, que serão apresentados nas tabelas a seguir.

a. Material composto somente por Imagens;

Na Tabela 8 (p.107), são apresentados exemplos de respostas de estudantes sobre os conceitos de eletronegatividade e densidade eletrônica, relacionadas à quinta imagem do material (FIGURA 19).



Figura 19: Quinta imagem presente na sequência de imagens elaborada.

Fonte: Do autor.

Esta imagem representa a distribuição de elétrons ao redor de cada molécula e se esta distribuição é homogênea ou não, de acordo com polaridade das ligações. Observa-se que a molécula da água possui uma nuvem eletrônica não homogênea, indicando a presença de um polo

elétrico próximo ao átomo de oxigênio. A molécula de tetracloreto de carbono possui uma nuvem eletrônica homogênea com uma coloração avermelhada, indicando a presença de elétrons ao redor de toda a molécula por causa da alta eletronegatividade dos átomos de cloro.

Na Tabela 8 (p.107) observa-se exemplos de respostas de estudantes de acordo com o padrão de raciocínio que apresentam. Uma resposta considerada mecanística para esta imagem poderia apresentar relações coerentes entre os conceitos de diferença de eletronegatividade, geometria molecular, distribuição de elétrons e formação de polos elétricos.

Tabela 8: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por imagens.

(continua)

Relações previstas num raciocínio mecanístico		
<p>A molécula da água, por ser composta por elementos com alta diferença de eletronegatividade e possuir geometria molecular angular (devido as repulsões eletrônicas), tem a formação de um polo elétrico, o que faz com que ao redor do átomo de oxigênio haja uma concentração maior de elétrons (representada pela coloração vermelha). Consequentemente, ao redor dos átomos de hidrogênio há uma menor concentração de elétrons (representada pela coloração azulada).</p> <p>A molécula de tetracloreto de carbono também possui ligações polares devido à diferença de eletronegatividade entre os átomos de carbono e hidrogênio. No entanto, sua geometria tetraédrica favorece a não formação de um momento dipolar, o que caracteriza esta molécula como sendo não polar. A coloração levemente avermelhada ao redor da molécula indica uma concentração de elétrons uniforme ao redor desta.</p>		
Relações encontradas nas respostas dos estudantes	EUA	BRASIL
Relações coerentes	<p>(Estudante 1)</p> <p>“I = Ok. Now, look this one. What do you can observe? S = So, like the early ones, the first I see that, there's two different substances, it showing kind like a general picture like the molecules together and then the second set of bobbles the color kind indicates the electron charge, the charge density, seems like red's the area of higher electron density and blue is lower electron density, so like the water we can see that there's an area that has a higher charge density or difference the carbon tetrachloride seems like it's evenly, there isn't area where there's kind strong localization charge. I = Okay. Why this cloud is little red? S = Ann, to me that's showing that it there's a kinda like equal likelihood that electrons would be anywhere around it, as opposite the oxygen, the water where density be found in one area more than the other.”</p>	<p>(Estudante 13)</p> <p>“E: É porque, por exemplo, aqui na agua tem é o oxigênio ele é o mais eletronegativo que o hidrogênio né, então, por exemplo, numa ligação, eles estão compartilhando, compartilhando ou um transfere pro outro, no caso da água eles compartilham, aí aqui tá concentrado de vermelho mostrando que o oxigênio ele atrai mais fortemente os elétrons pro lado dele, então a densidade ela aumenta, a densidade dos elétrons ela fica mais concentrada no oxigênio, essa cor vermelha indica justamente isso, que, mostrando que os elétrons, eles estão mais perto do, do oxigênio, não, estão mais atraídos pelo oxigênio, só que não deixa que, que aqui também tenha, só que tem menos. Aí o oxigênio fica com a carga parcial negativa e o oxigênio com a carga parcial negativa e o oxigênio com a positiva. E: O hidrogênio né. A: É, hidrogênio. E: Ta. E aqui em baixo? A: Aqui é por, por exemplo, eles são, é, eles tao divididos todos uniformemente igual, não tem um que puxa mais do que outro, nenhum exerce uma força maior, eles tão, tão distribuídos igualmente.”</p>

Tabela 8: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por imagens.

(conclusão)

Relações encontradas nas respostas dos estudantes	EUA	BRASIL
Relações coerentes fragmentadas	<p>(Estudante 4)</p> <p>“I = Ok, so when you look the water molecule, what do you think is the reddish means? The reddish color means? S = Mnn, the oxygen is negative and it's representing that. I = Negative? S = The electronegativity, dipoles negative and hydrogen is positive. I = Ok. And bluish color? S = I think, I'm not really sure... I = When you look the water, we see that the around the oxygen we have the dark red, and around of the ccl4 we have a light red. Do you know which represent that, which means? S = Ann, maybe it's comparing that, I think, like the dark red is kind like, I'm not sure if it's talking about electronegativity, but maybe the, trying the oxygen is more electronegative.”</p>	<p>(Estudante 12)</p> <p>“E: O que você acha que esta quinta imagem está representando? A: As nuvens? E: O que que você quer dizer com as nuvens? Como você identifica isso? A: As nuvens de elétrons no caso, que aqui ele ta todo contornado e ai parece que, é como se o elétron tivesse fazendo a curva dele. Agora essa aqui por tar em degrade lembra alguma coisa de temperatura.”</p>
Relações incoerentes	(Nenhuma resposta)	<p>(Estudante 11)</p> <p>“E: Que que você acha que significa essa cor que está em volta destas moléculas? Ta vendo que tem uma cor forte aqui ao redor da molécula da água, um azulzinho mais claro, e aqui a gente tem uma cor mais homogênea ao redor de toda a molécula de tetracloreto. Que que significaria essa representação, essas cores por exemplo, o que elas representam pra gente? (...) A: Como ela ta sendo polarizada dentro da de cada molécula, e como tipo, no caso os hidrogênios são, como dividem né, e aqui já mostra que tipo, a substância ta quase toda, digamos, se misturando? Não é bem isso. E: Se misturando? Como assim? A: Não, não é bem assim, por causa que é uma molécula só.”</p>

Fonte: Do autor.

As respostas que foram consideradas coerentes em ambos os países apresentaram a descrição daquilo que está representado na imagem juntamente com explicações do porque aquilo está representado daquela maneira. Os estudantes enfatizam que as cores representam a concentração eletrônica ao redor dos átomos, indicando os polos elétricos na molécula de água e a distribuição eletrônica homogênea ao redor da molécula de tetracloreto de carbono.

A resposta do estudante americano contempla conceitos de concentração de carga eletrônica de acordo com as cores ao redor das moléculas, indicando alta ou baixa concentração de elétrons. Fala também sobre a distribuição homogênea de elétrons ao redor da molécula de CCl_4 . O estudante brasileiro enfatiza em sua resposta conceitos de eletronegatividade dos átomos e a atração que exercem sobre os elétrons da ligação. Fala também sobre a densidade eletrônica representada pelas cores e da distribuição de elétrons homogênea ao redor da molécula de CCl_4 .

Observa-se que ambos estudantes utilizam-se de conceitos importantes para interpretar o que está representado na imagem. Nem sempre os conceitos utilizados por eles são os mesmos, mostrando que eles interpretam a imagem de forma diferente e apresentam uma estrutura cognitiva com conceitos e organização diferente, porém considerada coerente em suas relações. A forma como o estudante interage com uma imagem ou qualquer outro material pode ser considerado como um reflexo de como sua estrutura cognitiva está organizada (MOREIRA; GRECA; PALMETO, 2002). A Figura 20 representa como estes conceitos estão organizados e relacionados na estrutura cognitiva na mente do indivíduo de forma coerente. Para atingir um grau mecanístico, seria necessário que se utilizassem de todos os conceitos descritos anteriormente, sendo capazes de aplicarem estes conceitos em diferentes contextos.

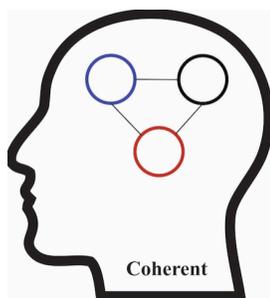


Figura 20: Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão raciocínio coerente.
Fonte: Do autor.

Algumas respostas foram consideradas como coerentes fragmentadas, as quais são características de sujeitos com uma estrutura cognitiva onde há conceitos corretos, mas não organizados de forma hierárquica e sem relação uns com os outros (FIGURA 21). Este tipo de estrutura cognitiva é considerada fragmentada por não proporcionar as relações necessárias para a formação de novos conceitos.

Nos exemplos citados na Tabela 8, os estudantes identificam o que está representado na imagem, mas não apresentam relações entre os conceitos. O estudante americano fala em geral sobre o conceito de eletronegatividade, enfatizando que as cores se relacionam ao átomo ser mais ou menos eletronegativo. Já o estudante brasileiro fala que a imagem representa as nuvens de elétrons ao redor da molécula e que a cor vermelha remete à temperatura. Os estudantes abordam alguns conceitos importantes, mas não apresentam relações entre eles. Ambos não abordam a influência da geometria molecular e da eletronegatividade para a formação dos polos elétricos nas moléculas.

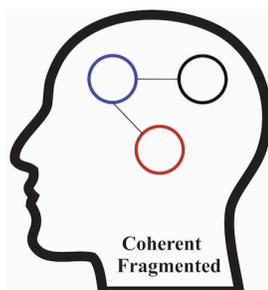


Figura 21: Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão raciocínio coerente fragmentado.

Fonte: Do autor.

Somente uma resposta foi caracterizada como incoerente para esta imagem, onde foi possível observar que este estudante não foi capaz de compreender e interpretar aquilo que estava representado na imagem, revelando uma estrutura cognitiva pobre (LEVIE; LENTZ, 1982), sem a presença de conceitos prévios necessários para a compreensão daquilo que estava representado. A estrutura cognitiva de estudantes que apresentam um padrão de raciocínio incoerente pode ser representada como na Figura 22, onde o indivíduo pode possuir conceitos prévios corretos e incorretos e as relações entre estes conceitos não são possíveis ou quando possíveis, geram um conhecimento equivocado.

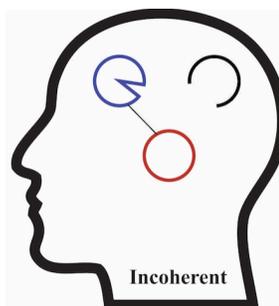


Figura 22: Representação da estrutura cognitiva de um indivíduo com um padrão de raciocínio incoerente.

Fonte: Do autor.

b. Material composto por texto e imagens;

Na Tabela 9 (p.113) são apresentados exemplos de respostas dos estudantes a respeito da página 3 do material composto por texto e imagens (APÊNDICE 2). Nesta página são discutidos aspectos relacionados à polaridade molecular e a distribuição dos elétrons ao redor das moléculas.

Os exemplos apresentados nesta tabela apresentam os padrões de raciocínio dos estudantes dos diferentes países para este material. É possível observar que as respostas caracterizadas como coerentes apresentam os principais conceitos discutidos no texto, dentre eles a polaridade da ligação, direção dos dipolos e polaridade molecular. O estudante americano cita em sua resposta conceitos de polaridade da ligação, polaridade molecular, como os elétrons estão distribuídos ao redor da molécula, dipolos da ligação e momento de dipolos. O estudante brasileiro se atenta para conceitos de geometria molecular, como os elétrons estão distribuídos na molécula, cargas parciais e polaridade molecular. Observa-se que a forma como interpretam o texto e apresentam estes conceitos é diferente, no entanto se caracterizam como capazes de relacionar conceitos gerais àqueles presentes em sua estrutura cognitiva.

As respostas caracterizadas como coerentes fragmentadas apresentam conceitos que não necessariamente estão se relacionando, como falado anteriormente. Os estudantes neste caso tendem a escolher uma parte do texto para falarem sobre esta, ou seja, não constroem uma resposta geral abrangendo todos os conceitos descritos. Isso pode ser reflexo de sua estrutura cognitiva que pode não conter os conceitos prévios necessários para a interação com o novo conhecimento ou esta pode não estar organizada de modo a promover estas relações.

O estudante americano fala sobre distribuição de cargas, cargas parciais e polaridade molecular. O estudante brasileiro fala sobre o uso das setas e a influência da direção destas para a polaridade molecular. Ele cita que as substâncias possuem estruturas, polaridade e solubilidades diferentes, por isso elas não se misturam. O que foi possível compreender com as respostas desses estudantes é que, embora pareçam compreender muitos conceitos, não são capazes de relacioná-los em uma resposta clara, objetiva e geral. Há provavelmente falta de conceitos prévios que possibilitem a relação destes e tornem seus raciocínios com padrão fragmentado.

Observa-se também que na resposta caracterizada como incoerente há conceitos descritos de forma errônea, como é o caso do trecho em que o estudante se refere à uma mistura de substâncias, hidrogênio e oxigênio, para formar a molécula de água. O estudante fala também que a presença destes dipolos faz a molécula ser considerada apolar. Neste sentido é possível evidenciar que em sua estrutura cognitiva há a falta de conceitos prévios corretos que possibilitem a compreensão daqueles descritos no texto.

Nestes fragmentos de entrevistas vistos na Tabela 9, é possível perceber que os estudantes não usam as imagens presentes no texto para explicarem aquilo que entenderam. É possível que ao lerem o texto, estas tenham auxiliado na compreensão deste, mas estes não utilizam esta ferramenta na descrição daquilo que compreenderam durante a entrevista.

Tabela 9: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por texto e imagens.

(continua)

Relações previstas num raciocínio mecanístico

A forma como os elétrons de valência estão distribuídos ao redor de toda a molécula a caracterizam como sendo polar ou não polar. É preciso levar em consideração a geometria da molécula e compreender o sentido e direção dos elétrons, que formam os dipolos.

A molécula da água possui ligações polares, sendo que os elétrons estão sendo atraídos para o átomo de oxigênio, o que faz com que seus dipolos se somem e a molécula se torna polar. Já a molécula de tetracloreto de carbono, mesmo tendo ligações polares, seus dipolos estão em direções opostas devido à sua geometria tetraédrica desta molécula, o que faz com que eles se cancelem, fazendo com que a molécula seja não polar.

Relações encontradas nas respostas dos estudantes	EUA	BRASIL
Relações coerentes	<p>(Estudante 9)</p> <p>S = Ann, it's showing and describing bond polarity and how that are relates to molecular polarity, how they're, how the electrons are distributed across the entire molecule and the story talking about the bond dipoles and how if they're pointing the same way, if you can draw them and them cancel out on top with each other or if they don't cancel out then it's more likely a molecular, dipole moment, like a bond dipole and that it's a polar molecule and if they in general cancel out then it say non polar molecule. Or if they do cancel out it's a non polar mixture.”</p>	<p>(Estudante 15)</p> <p>“A: Aqui ta falando que uma molécula interagindo com a outra não depende só dos elétrons que estão distribuídos na última camada, depende também da sua, da sua geometria e como esses elétrons estão distribuídos dentre dessa molécula. Ai dependendo dessa distribuição que vai classificar ela como sendo polar e apolar, e aí fala que tem que começar dum, é, dum átomo com carga positiva e depois terminar num átomo de carga parcial negativa.</p> <p>E: Certo.</p> <p>A: E quando os dois, quando estão em sentidos opostos eles se anulam, em sentidos iguais eles somam. Que aqui no tetracloreto eles se anulam, porque cada um tem sentido oposto ao outro.”</p>

Tabela 9: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto por texto e imagens.

(conclusão)

Relações encontradas nas respostas dos estudantes	EUA	BRASIL
Relações coerentes fragmentadas	<p>(Estudante 7)</p> <p>“S = So it’s basically like talking about how charge distribution happens like, where partial charges go like on the molecule like, how that influences, how it reacts with other things, so like when H₂O like there’s charges tending in a certain direction so it’s like a polar molecule cause has, where’s like with the carbon it doesn’t really like, there’s no charge different showed cause like evenly charge.. balance just...”</p>	<p>(Estudante 16)</p> <p>“A: Ta, nessa fala que as setinhas quando tao em sentidos opostos são não polares e quando elas somam e...é, eles somam-se...e quando ela é não polar a nuvem eletrônica ela é homogênea, e quando ela é polar tem uma parte que é mais eletroeletrônica e a outra é mais neutra.</p> <p>E: Ahan.</p> <p>A: Isso.</p> <p>E: Nesse caso você acha que, assim, após ler essas três páginas né, quais conceitos aqui nesta pagina ou nessas que te ajudaram a compreender por que que essas substâncias não estão se misturando?</p> <p>A: Porque elas tem estruturas diferentes, polaridades diferentes e solubilidades diferentes.”</p>
Relações incoerentes	(Nenhuma resposta)	<p>(Estudante 14)</p> <p>“A: Bom, ele diz que devido a essa formação geométrica de cada elemento, ter essas ligações, é, ter essas misturas de substâncias, vamos supor, agua, oxigênio e hidrogênio, é, quando a gente tem essa formação e dessa molécula a gente tem os, que a gente chama aqui de, dipolos, que são essa ligação entre o oxigênio e o hidrogênio. E aí é, como o texto mostra, essa ligação entre essa molécula de água ela ta apolar, apolar porque todas elas apontam pra mesma direção, essa ligação, e agora o de tetracloreto de carbono já não é a mesma, já não é a mesma, digamos, direção, pra a ligação. Então isso atrapalha na hora da ligação, eu acho que é mais ou menos isso.”</p>

Fonte: Do autor.

c. Material composto somente por Texto.

Na Tabela 10 (p.116) são reunidos exemplos de respostas dos estudantes referentes ao material composto apenas por texto (APÊNDICE 4). Como falado anteriormente, estas entrevistas ocorreram apenas com estudantes brasileiros. As respostas apresentadas nesta tabela se referem à página três do material, a qual aborda conceitos de polaridade e densidade eletrônica.

As relações previstas num raciocínio mecanístico apresentam conceitos coerentes de forma não fragmentada num aspecto geral. Para esta página em questão, os conceitos discutidos são: distribuição global de elétrons de valência, cargas parciais, dipolos de ligação, dipolo total, geometria molecular, eletronegatividade e polaridade da ligação e molecular. Estes conceitos, quando relacionados de forma coerente, produzem um raciocínio mecanístico, onde estudantes que os compreendem e são capazes de fazer estas relações, também serão capazes de explicar outros fenômenos (HAMMER, 2004).

Para a resposta classificada como coerente, observa-se que o estudante aborda os conceitos de eletronegatividade, força de atração, nuvens de elétrons, cargas parciais e polaridade da molécula. Estes são conceitos importantes para compreender sobre a densidade eletrônica e a relação deles diz respeito à polaridade molecular. O estudante não utiliza conceitos de geometria molecular, conceito importante para explicar porque mesmo uma molécula possuindo ligações polares (como é o caso da molécula de tetracloreto de carbono) tem caráter não polar. Os conceitos e as relações apresentadas são considerados coerentes, mas observou-se a falta de outros conceitos que seriam importantes para a compreensão do fenômeno em questão. A representação feita pelo estudante apresenta a geometria das moléculas e os vetores que indicam a direção dos elétrons ao átomo mais eletronegativo.

O estudante com resposta classificada como coerente fragmentada apresenta em sua resposta os conceitos de dipolo, eletronegatividade, polaridade e momento dipolar. O estudante usa o termo ‘momento dipolar’ se referindo aos vetores, o que causa uma confusão conceitual, no entanto sua explicação para o cancelamento destes está correta, indicando quando estes somam ou se cancelam, se referindo à polaridade da molécula. Este estudante demonstra ter conceitos prévios em sua estrutura cognitiva capazes de o fazer compreender a ideia central do texto, no entanto sua falta de clareza em suas relações demonstra uma fragmentação destes conceitos (DISESSA; GILLESPIE; ESTERLY, 2004) e uma possível falta de organização destes em sua estrutura cognitiva (MOREIRA; GRECA; PALMETO, 2002).

Tabela 10: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto somente por texto.

(continua)

Relações previstas num raciocínio mecanístico

A forma como os elétrons de valência estão distribuídos ao redor de toda a molécula a caracterizam como sendo polar ou não polar. É preciso levar em consideração a geometria da molécula e compreender o sentido e direção dos elétrons, que formam os dipolos.

A molécula da água possui ligações polares, sendo que os elétrons estão sendo atraídos para o átomo de oxigênio, o que faz com que seus dipolos se somem e a molécula se torna polar. Já a molécula de tetracloreto de carbono, mesmo tendo ligações polares, seus dipolos estão em direções opostas devido à sua geometria tetraédrica desta molécula, o que faz com que eles se cancelem, fazendo com que a molécula seja não polar.

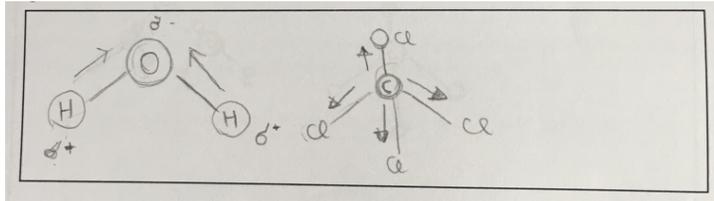
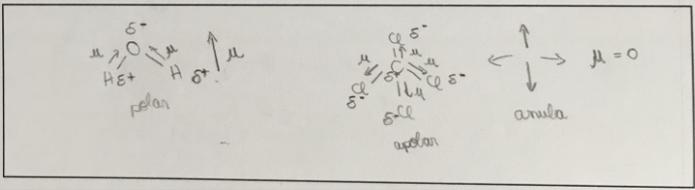
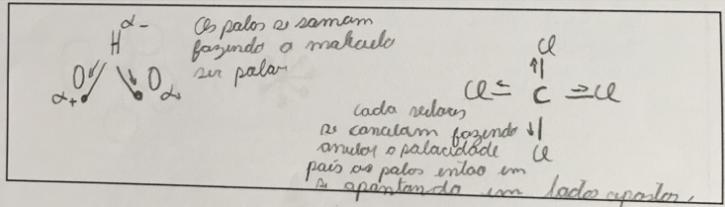
Relações encontradas nas respostas dos estudantes	BRASIL	Representação feita pelo estudante
Relações coerentes	<p>(Estudante 17)</p> <p>“A: Que de acordo com a diferença de eletronegatividade entre os átomos você vai ter uma força é, pra poder puxar aquela nuvem de elétrons daquele átomo. Aí no caso aqui eu fiz o desenho da seta apontando do hidrogênio pro oxigênio porque o oxigênio tem mais força pra poder puxar esses elétrons. Aí como essa força vai tudo pro, pro oxigênio, tem, eu não sei o nome disso...cade...carga parcial negativa aqui e a positiva aqui, aí deixa a molécula polar. Aí o contrário acontece no, no tetracloreto, porque aí eu tenho as cargas parciais tudo puxando com a mesma força o carbono”.</p>	

Tabela 10: Relações encontradas nas respostas dos estudantes a respeito do material composto somente por texto.

(conclusão)

Relações encontradas nas respostas dos estudantes	BRASIL	Representação feita pelo estudante
Relações coerentes fragmentadas	<p>(Estudante 19)</p> <p>“A: Sim. Aqui volta a falar sobre a polaridade das moléculas e, ai, como é que é mesmo? Pera ai. Ela pode ser representada por essas setas que seriam o momento, onde é que ta, é, seria o dipolo na verdade, da molécula. No caso da água então seria, ela seria polar porque, porque os dois momentos dipolar são apontados para cima, então significa que ele não, não anula, que eles vão ser somados.</p> <p>E: Entendi.</p> <p>A: No caso do tetracloreto de carbono, como cada um ta indo pra um lado, eles vão acabar se anulando, então por isso que é a molécula é apolar.</p> <p>E: Por que que eles vão cada um para um lado?</p> <p>A: Porque ele vai pro eletro, pro átomo mais eletronegativo, então os elétrons tendem a ir pra o cloro, aí aqui no caso ele tende a ir pro oxigênio”.</p>	
Relações incoerentes	<p>(Estudante 18)</p> <p>“A: Eu entendi que pra molécula ser polar, no caso, perguntando se ela, no caso, se ela for polar, não pode ter o cancelamento dos vetores.</p> <p>E: Eles tem que se...</p> <p>A: Eles tem que sempre se somar. Já aqui ele não é polar, porque ta o cancelamento, vamos supor, puxando pra ca e acontece um cancelamento, a força dele, que ta exercendo aqui, é anulada por essa, isso que eu expliquei aqui, por causa dos vetores cancela”.</p>	

Fonte: Do autor.

A representação feita por este estudante (relações coerentes fragmentadas) demonstra as geometrias das moléculas, as cargas parciais e os momentos de dipolo totais de cada molécula, o que é coerente com as informações descritas no texto.

A resposta classificada como incoerente apresenta no geral conceitos de polaridade e cancelamento de vetores. O estudante aponta que para uma molécula ser polar, seus vetores devem se somar e para que ela seja não polar, eles devem se cancelar. Em geral, são conceitos corretos explicados de uma maneira superficial. No entanto, ao observar sua representação, percebe-se que a molécula da água está representada com dois átomos de oxigênio e um átomo de hidrogênio, sendo que os vetores correspondentes às ligações H-O não iriam se somar. Isso causa uma incoerência com a explicação que ele apresenta em sua fala. Este tipo de resposta revela que sua estrutura cognitiva possui muitos conceitos, alguns deles podem estar corretos, outros errados, e as relações entre eles não são coerentes, o que pode ser característico de uma desorganização conceitual em sua estrutura cognitiva (FIGURA 22, p.111).

4.2.4.2 Considerações gerais a respeito das análises realizadas por tipo de material e sujeitos participantes

De acordo com as análises realizadas no item anterior, entende-se que os estudantes apresentam formas de interação diferentes com cada tipo de material e apresentam padrões de raciocínio também diferenciados, o que pode estar relacionado com os conceitos prévios que estes possuem em sua estrutura cognitiva e como estes conceitos estão organizados nesta estrutura.

Na Figura 23 (p.119) apresenta-se uma representação esquemática para as principais características evidenciadas nas entrevistas com os diferentes sujeitos. No centro deste esquema, verifica-se um quadro com a relação de conceitos considerada padrão para a explicação da imagem e texto discutidos no item anterior. Os quadros posicionados acima, à esquerda e à direita do quadro central referem-se aos padrões encontrados nas entrevistas com Imagens, Texto e Texto + Imagens, respectivamente, sendo possível observar os principais conceitos discutidos pelos estudantes com respostas classificadas como coerentes.

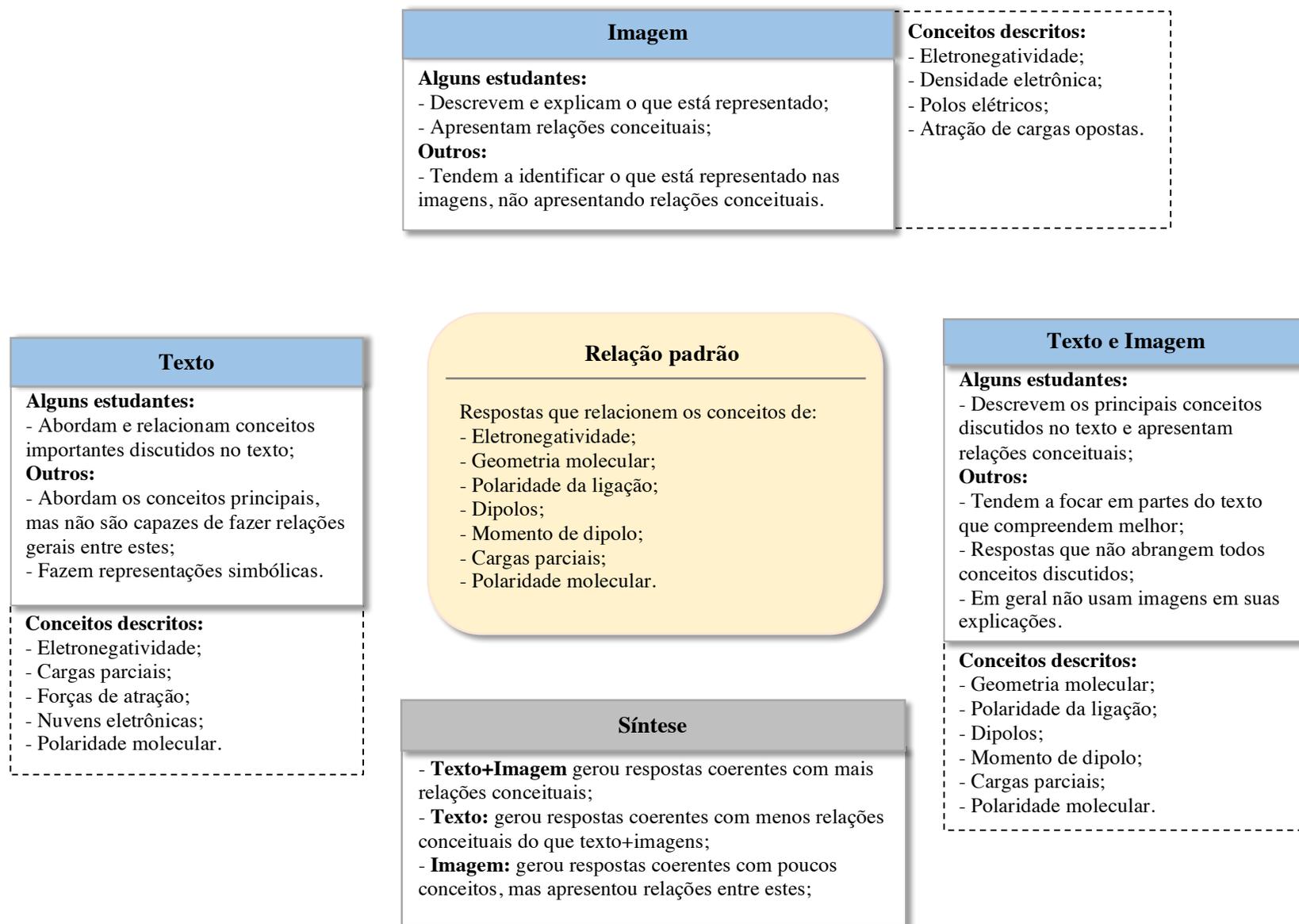


Figura 23: Representação esquemática para as principais características evidenciadas nas entrevistas.
Fonte: Do autor.

A Figura 23 permite observar que ambos materiais tiveram respostas que apresentaram relações conceituais coerentes e respostas que não apresentaram estas relações, o que pode ser resultado dos conceitos e organização destes na estrutura cognitiva do estudante, como falado anteriormente.

No quadro abaixo da relação padrão, observa-se uma síntese dos resultados obtidos nesta etapa, onde pode-se dizer que as relações conceituais observadas nas entrevistas com os diferentes materiais diferem-se em quais conceitos estes estudantes enfatizam em suas respostas e as relações que apresentam entre estes conceitos, o que revela o entendimento que tiveram do material o qual utilizaram.

Observa-se que as respostas para o material composto de texto + imagens apresentaram mais relações conceituais que as entrevistas para os outros materiais, revelando que a combinação de texto e imagens pode gerar respostas mais sofisticadas e generalizadas, possibilitando a formação de um raciocínio mais coerente e próximo ao mecanístico (HAMMER, 2004; RUSS, 2008).

Entende-se também que uma estrutura cognitiva organizada pode gerar respostas mais coerentes e possibilitar novas aprendizagens, onde a falta de conceitos prévios e organização da estrutura cognitiva se torna responsável por respostas fragmentadas e incoerentes. Observa-se que a informação textual se mostrou importante para a compreensão conceitual juntamente das imagens.

Na Figura 24, observa-se uma representação hierárquica para as relações conceituais coerentes que podem ser previstas para os tipos de materiais. A combinação entre texto e imagens toma a parte maior do círculo (parte externa que envolve todo o círculo), mostrando que ambos se complementam e possibilitam mais relações conceituais coerentes, as quais tendem a gerar mais raciocínios mecanísticos. Adentrando ao círculo, observa-se o material textual e no centro as imagens, evidenciando que ambos materiais sozinhos possibilitam respostas coerentes, mas com menores diversidades de conceitos e relações entre estes.

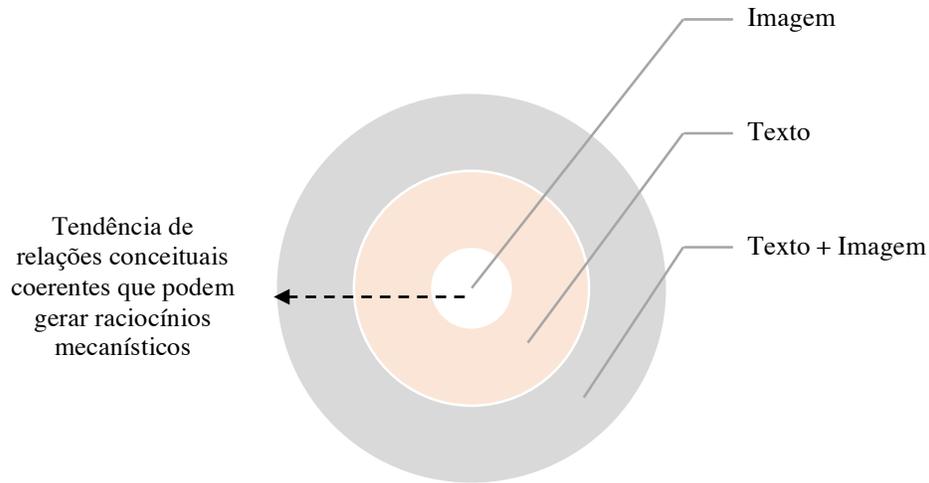


Figura 24: Representação esquemática para as relações conceituais entre os materiais.
Fonte: Do autor.

De acordo com Schnotz (2002) e Levie e Lentz (1982), as informações textuais são lembradas com mais facilidade quando há a presença de imagens no texto. Isto foi observado nos dados obtidos nestas entrevistas, as quais evidenciaram que a combinação de texto e imagens geraram respostas com caráter mais mecanístico que as demais.

Conforme a teoria de codificação dual de Paivio (PAIVIO, 1986), as imagens e as informações textuais são processadas em diferentes subsistemas cognitivos do indivíduo. Compreende-se que o nível de processamento de informações deste ao interagir com um material textual ou imagético é diferente, o que gera resultados diferentes.

Neste sentido, pode-se dizer que as informações representadas em recursos imagéticos são melhores compreendidas quando relacionadas com informações textuais, sendo o resultado desta combinação uma maior tendência de relação de novos conceitos com conceitos prévios e produção de novos conhecimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações coletadas e das análises realizadas neste trabalho, buscou-se responder a questão de pesquisa que norteou todo o desenvolvimento deste trabalho: *“De que maneira as representações visuais (imagens) elaboradas para construir um material didático para o ensino de Química influenciam o entendimento do conceito de forças intermoleculares?”*

Algumas questões foram utilizadas durante as entrevistas como meio de identificar como os estudantes interagem com materiais visuais e como estes materiais influenciam o processo de compreensão de conceitos químicos, objetivando responder a questão de pesquisa retomada.

- Como os estudantes usam as imagens para entender os conceitos descritos no texto?

Ao observar a forma como os estudantes interagem com as imagens com o objetivo de compreender o texto, percebe-se que as imagens parecem se tornar secundárias e elas não parecem ser tão relevantes quanto o texto. Em certos casos, as imagens parecem auxiliar a compreensão do estudante em relação aos conceitos descritos no texto, no entanto, em geral os estudantes não se referem a elas em uma forma explícita.

Conforme Levie e Lentz (1982) apontam em seu trabalho, em certos casos as imagens são mais utilizadas por estudantes com estrutura cognitiva menos desenvolvida, os quais utilizam este recurso para compreender os conceitos discutidos no texto, ao contrário de estudantes com uma estrutura cognitiva mais desenvolvida, que as utilizam apenas como meio de ‘conferir’ as informações descritas no texto.

Entende-se cada estudante irá interagir com as imagens presentes no texto de forma diferente. No entanto, mesmo que o estudante possua uma estrutura cognitiva desenvolvida e consiga interpretar os conceitos discutidos no texto sem a presença de representações visuais, considera-se que, quando texto e imagem são elaborados de forma que ambos sejam necessários para a compreensão um do outro, tem-se um maior potencial na utilização deste recurso no entendimento dos conceitos químicos, com uma maior tendência de formação de um raciocínio mecanístico. Diante deste fato, considera-se que o texto precisa ter uma relação mais próxima com as imagens, incluindo, por exemplo, questões que direcionem os estudantes a refletirem sobre cada imagem presente.

- Quais características das imagens os estudantes prestam atenção?

Os estudantes tendem a prestar mais atenção em características estruturais do que em características processuais. Por exemplo, o estudante presta mais atenção nas cores das moléculas do que na forma geométrica destas. Pode-se dizer que imagens com muitas cores podem ser consideradas como um recurso que pode distrair o estudante.

Neste sentido, o desafio está em como representar processos de uma forma “melhor” e o que fazer para ajudar o estudante a não se distrair ao estudar uma representação visual. A resposta talvez esteja em elaborar imagens simples que destaquem características estruturais e interações que os levarão a entender todo o processo.

- Qual o tipo de raciocínio os estudantes expressam quando interagem com as imagens? E com o texto e imagens? E somente com o texto?

É possível entender que, em abstenção do texto, os estudantes apresentaram um raciocínio menos mecanístico do que quando interagem apenas com o texto, o que pode ser resultado das informações descritas no texto e a falta de detalhes quando se usa apenas imagens. A combinação de ambos (texto e imagens) parece ter elevado a um raciocínio mais mecanístico e coerente. No entanto, a mudança foi considerada pequena. Nesse sentido, questiona-se como isto pode ser melhorado. Uma das formas de se obter esta mudança no raciocínio dos estudantes é incluir imagens que representem processos dinâmicos (por exemplo, histórias sequenciais) e destacar melhor a interação entre as imagens.

Em geral, foi observado um pequeno avanço no raciocínio dos estudantes que realizaram entrevistas apenas com imagens para as entrevistas com texto seguidas das com texto e imagens. No entanto o desafio maior está em como combina-los (texto e imagens) de forma que se obtenha uma mudança significativa no raciocínio dos estudantes ao utilizarem estes recursos. Considera-se, então, que as interações entre texto e imagens deveriam ser mais explícitas e as imagens deveriam ser usadas mais como uma ferramenta de aprendizagem do que como uma ferramenta suplementar.

Pode-se concluir que as representações visuais no ensino de química influenciam o entendimento de conceitos químicos de diversas maneiras, sendo importante destacar que os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo (se é uma estrutura cognitiva desenvolvida ou menos desenvolvida) influenciam a forma com que o estudante irá interagir com estas representações e também que a combinação de texto e imagens tende a favorecer a aquisição de um raciocínio mais mecanístico, coerente e menos fragmentado.

6 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

As análises gerais permitiram compreender que a forma que os estudantes interagem com materiais textuais ou compostos por imagens são diferentes e são caracterizadas pelas relações conceituais que apresentam ao explicar o que compreenderam.

O material composto por texto e imagens gerou respostas com relações conceituais mais coerentes comparados aos outros materiais, como discutido anteriormente. Ainsworth e Loizov (2003) apontam que existem benefícios para os estudantes quando são inseridos num processo de ensino e aprendizagem com imagens. No entanto, percebeu-se que as informações são discutidas com mais facilidade quando há a presença de ambos: texto e imagem.

Entende-se que o papel mediador do professor é importante neste processo, pois este pode direcionar atividades que auxiliem o estudante na interpretação do texto e imagens e, através destas atividades, investigar os conceitos prévios que estes estudantes possuem em sua estrutura cognitiva. Conhecendo os conceitos básicos para compreender determinado conteúdo e entendendo quais são os conceitos prévios que os estudantes possuem e aqueles que ainda precisam compreender, o professor pode planejar e direcionar novas atividades que auxiliem o estudante a construir um novo conhecimento.

Ressalta-se que a escolha dos livros didáticos pelos professores também deve ser um assunto discutido. Os professores da rede básica de ensino devem estar preparados para analisar os livros didáticos aprovados pelo PNLD quanto à estrutura destes, aspectos conceituais e relações entre texto, imagens e atividades propostas. Sendo o livro o instrumento mais utilizado pelo professor para preparar suas aulas, entende-se que a escolha adequada deste e a maneira como este recurso será utilizado em sala de aula influenciarão o processo tanto de ensino como de aprendizagem.

Os autores dos livros didáticos devem se atentar para que sejam apresentadas relações conceituais entre os conteúdos discutidos em cada capítulo, de modo que o estudante, em seu processo de aprendizagem, seja capaz de utilizar conceitos gerais para explicar fenômenos específicos. Entende-se que as imagens não devam apresentar apenas um papel ilustrativo ou de exemplificar conceitos juntamente aos textos que acompanham. Sugere-se que as imagens sejam parte da interpretação do texto e que ambos dialoguem, no sentido de que para a compreensão do

texto, seja necessária a presença da imagem e vice-versa. Destaca-se também a importância de se discutir sobre o uso do livro didático e as relações apresentadas por seus componentes no processo de formação inicial do professor.

Esta pesquisa terá continuidade, no sentido de que se pretende elaborar um material composto por texto e imagens que expliquem as interações entre as demais substâncias abordadas no experimento descrito neste trabalho (iodo e sulfato de cobre).

Em geral, os resultados deste trabalho apontam para a necessidade de se desenvolver cuidadosamente textos ilustrados, os quais abrem mais oportunidades para o entendimento de conceitos bases, relacionando, diferenciando e contrastando conceitos, de modo que possibilitem a integração de texto com imagens, engajando os estudantes na interpretação de ambos (RAU, 2015).

7 LIMITAÇÕES

As conclusões deste trabalho devem ser tomadas com cautela, dadas as limitações inerentes à nossa metodologia. Este foi um estudo exploratório que incluiu um pequeno número de participantes voluntários, com um desempenho médio ou acima da média em seu curso de química geral. Assim, seu raciocínio e comportamento podem não ter sido representativos da população de estudantes que fazem esses cursos. Além disso, esses estudantes foram solicitados a concluir uma tarefa em um ambiente de entrevista individual, o que provavelmente era bem diferente dos ambientes reais nos quais eles podem se envolver com textos ou imagens quando estudam para um curso. Por um lado, os instrumentos de pesquisa e o ambiente podem ter levado alguns estudantes a prestar mais atenção às informações fornecidas do que normalmente fazem em condições reais.

Por outro lado, nossas ferramentas e abordagens de pesquisa podem ter restringido o raciocínio do estudante e limitado nossa capacidade de explorar o pensamento e a compreensão de nossos participantes. Mais estudos são necessários para explorar como a natureza das representações visuais e os questionamentos da entrevista afetam os processos de raciocínio e resposta dos estudantes. Caracterizar tanto as possibilidades oferecidas quanto as restrições impostas por diferentes recursos e abordagens educacionais no raciocínio do estudante é fundamental para o desenvolvimento de ferramentas e ambientes de aprendizado mais eficazes.

8 PESQUISAS FUTURAS

De acordo com o material didático elaborado neste trabalho e sua avaliação, pretende-se ainda desenvolver materiais referentes às segunda e terceira provetas do experimento de solubilidade e polaridade das substâncias, abordando a interação das substâncias água e tetracloreto de carbono com a substância iodo e com o composto iônico sulfato de cobre.

9 AÇÕES FUTURAS

As análises realizadas deste trabalho permitiram a reflexão de algumas ações que poderão ser implementadas, dentre elas:

- Proposição da incorporação do material elaborado em Livros Didáticos comerciais;
- Utilizar o material em cursos de extensão para a formação continuada de professores de Química;
- Incorporação dos resultados enquanto sugestão para formação inicial de professores de Química;
- Divulgação dos resultados em periódicos e eventos da área.

REFERÊNCIAS

AINSWORTH, S.; LOIZOV, A. T. The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. **Cognitive Sci.**, v. 27, p. 669–884, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana, 2ª ed. 1980.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BUTCHER, K. R. Learning from text with diagrams: promoting mental model development and inference generation. **J. Educ. Psychol.**, v. 98, n. 1, p. 182–197, 2006.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 7, n. 2, 2005.

CARNEY, R. N.; LEVIN, J. R. Pictorial illustrations still improve students' learning from text. **Educ. Psychol. Rev.** v. 14, n. 1, p. 5–26, 2002.

CHIN, C; BROWN, D. Learning in science: a comparison of deep and surface approaches. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 37, n. 2, p. 109–138, 2000.

CHENG, M. M. W.; GILBERT, J. K. Students' visualization of metallic bonding and the malleability of metals. **International Journal of Science Education**. v. 36, n. 8, p. 1373–1407, 2014.

diSessa, A. A. Toward an epistemology of physics. **Cogn. & Instr.**, v. 10, p. 105–225, 1993.

diSessa, A. A.; GILLESPIE, N. M.; ESTERLY, J. B. Coherence versus fragmentation in the

development of the concept of force. **Cognitive Science**, v. 28, p. 843–900, 2004.

ECHEVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro didático: análise e utilização no ensino de química. In: MALDANER, O.A.; SANTOS, W.L.P. (Org.). **Ensino de Química em foco**. Unijuí, p. 263-286, 2011.

EILAM, B.; GILBERT, J.K. The significance of visual representations in the teaching of science. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Ed.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**, Springer, p. 3-28, 2014.

FERNANDES, M. A. M.; PORTO, P. A. Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de química geral para o ensino superior. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 420-429, 2012.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualizações no ensino de química: concepções de professores em formação inicial. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, (Brasil), Ministério da Educação. Apresentação do programa, 2016, a. Disponível em:

<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-apresentacao>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, (Brasil). Ministério da Educação. Dados estatísticos, 2016, b. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-dados-estatisticos>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, (Brasil). Ministério da Educação. Histórico do programa, 2016, c. Disponível em:

<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico> Acesso em: 10 de agosto de 2016.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, (Brasil). Ministério da Educação, Funcionamento do programa, 2016, d. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-funcionamento> (2016, d). Acesso em: 10 de agosto de 2016.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK, L. B. **The nature of intelligence**, Hillsdale, N.Y.: Erlbaum, p. 231-235, 1976.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Joice Elias Costa, 3 ed., Porto Alegre: Artmed, p.130, 2009.

FRISON, M. D. et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. **VII Encontro Nacional de Educação em Ensino de Ciências**, 2009.

GALIAZZI, M. C.; LINDEMANN, R. H. O diário de estágio: da reflexão pela escrita para a aprendizagem sobre ser professor. **Olhar do professor**, Ponta Grossa, v. 6, p. 135-150, 2003.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

GILBERT, J. K. Visualization: an emergent field of practice and enquiry in science education. In: GILBERT, J. K. et al. (Ed.). **Visualization: theory and practice in science education**, Springer,. p. 3-24, 2008.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. **Multiple representations in chemical education**. Springer:

Dordrecht, The Netherlands, 2009.

GILBERT, J. K. Visualization: a metacognitive skill in science education. In: GILBERT, J.K. **Visualization in Science Education**. Springer, 2006.

GKITZIA, V; SALTA, K; TZOUGRAKI, C. Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 12, p. 5–14, 2011.

HAMMER, D. The variability of student reasoning, lectures 1–3. In: REDISH, E.; VINVENTINI, M. (Ed.), **Proceedings of the Enrico Fermi Summer School in Physics**, Course CLVI Bologna, Italy: Italian Physical Society, p. 279–340, 2004.

HEISTERKAMP, K.; TALANQUER, V. **Interpreting data: the hybrid mind**. *Journal of Chemical Education*, v. 92, p. 1988–1995, 2015.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, 1982.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching, **J. Chem. Educ.**, 70, 701-705, 1993.

KENDEOU, P.; van den BROEK, P. W. The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during the reading of scientific texts. **Memory & Cognition**, v. 35, p. 1567–1577, 2007.

KENDEOU, P. et al. A cognitive view of reading comprehension: implications for reading difficulties. **Learning Disabilities Research & Practice**, v. 29, n. 1, p. 10–16, 2014.

KUMI, B.C. et al. Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D-3D diagrammatic relationships. **Chem. Edu. Res. Pract.**, 2013.

LEMES, A. F. G.; SOUZA, K. A. F. D; CARDOSO, A. A. Representações para o processo de dissolução em livros didáticos de química: o caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, 2010.

LEVIE, H. W.; LENTZ, R. Effects of text illustrations: a review of research. **Educational Communication and Technology Journal**, v. 30, p. 195–232, 1982.

LOCATELLI, S. W. **Tópicos de metacognição: para aprender e ensinar melhor**. Curitiba – Appris, 2014.

LOCATELLI, S. W. **Análise da manifestação de elementos de metavisualização na aprendizagem de química**. 2011. 155f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), USP, São Paulo, 2011.

LÓPEZ-MANJÓN, A.; POSTIGO, Y. ¿Qué libro de texto elegir? La competencia visual en las actividades con imágenes. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v.13, n. 1, p. 84-101, 2016.

MADDEN, S. P.; JONES, L. L.; RAHM, J. The role of multiple representations in the understanding of ideal gas problems, **Chemistry Education Research and Practice**. v. 12, p. 283–293, 2011.

MAIA, J. O. et al. O Livro didático de química nas concepções de professores do ensino médio da região sul da bahia. **Química Nova na Escola**. v. 33, n. 2, 2011.

MCNAMARA, D. S. et al. Are good texts always better? interaction of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. **Cogn. Instr.** n. 14, p. 1–43, 1996.

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28. ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MOL, G. S.; SANTOS, W. L. P. **Química cidadã**, v. 2. Nova Geração, 2010.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A.; GRECA, M. I.; PALMERO, L. R. M. modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza e aprendizaje ee las ciencias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 37-57, 2002.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M.I.P.; ROSSI, A.V. (Org.). **Educação química no Brasil: memórias, políticas e tendências**. Campinas: Átomos, p. 85-103, 2008.

OTERO, M. R.; MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. El uso de imágenes en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n 2, p. 127–154, 2002.

PAIVIO, A. **Mental representations: A dual coding approach**. Oxford, England: Oxford University Press, 1986.

PALACIOS, F. J. P.; GONZÁLEZ, J. M. V. Iniciación a la investigación educativa con estudiantes de secundaria: el papel de las ilustraciones en los libros de texto de ciencias. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 33, n. 1, p. 243-262, 2015.

PAULETTI, F.; CATELLI, F. Tecnologias digitais: possibilidades renovadas de representação da

química abstrata. **Acta Scientiae**, v. 15, n. 2, p. 383-396, 2013.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. análisis de libros de texto. **Enseñanza De Las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. v. 2. São Paulo: Moderna, 2011.

RAU, M. A. Enhancing undergraduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 16, p. 654–669, 2015.

RUSS, R. S. et al. Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: a framework for discourse analysis developed from philosophy of science, **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 499-525, 2008.

SCALCO, K. C. **Estudo das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem**. 2014. 179f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2014.

SCALCO, K. C.; KIILL, K. B.; CORDEIRO, M. R. Representações presentes nos livros didáticos: um estudo realizado para o conteúdo de ligação iônica a partir da semiótica peirceana. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 134-142, 2015.

SCALCO, K. C.; TALANQUER, V.; KIILL, K. B.; CORDEIRO, M. R. Making sense of phenomena from sequential images versus illustrated text. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 3, 2018.

SCHNOTZ, W. Towards an integrated view of learning from text and visual displays. **Educ. Psychol. Rev.** v. 14, p. 101–120, 2002.

SCHNOTZ, W.; BANNERT, M. Construction and interference in learning from multiple

representation. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 141–156, 2003.

SHTULMAN, A.; VALCARCEL, J. Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. **Cognition**, v. 124, p. 209–215, 2012.

SMITH J. P.; DISESSA A. A.; ROSCHELLE J. Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition, **The Journal of The Learning Sciences**, v. 3, n. 2, p. 115–163, 1993.

SZYMANSKI, H.; ALMEIDA, L. R.; PRANDINI, R. C. A. R. **A entrevista na pesquisa em educação: a prática reflexiva**. Brasília: Liber Livro Editora, 2004.

TABER, K. S. Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. **Chemistry education: Research and Practice in Europe**, vol. 2, n. 2, p. 123-158, 2001

TABER, K. S. The significance of implicit knowledge for learning and teaching chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, p. 447-461, 2014.

TALANQUER, V. Progressions in reasoning about structure-property relationships. **Chem. Educ. Res. Pract.**, 2017.

TAVARES, L. H. W. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 3, 2009.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L., The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations, **Int. J. Sci. Educ.**, v. 25, p. 1353–1368, 2003.

van den BROEK, P. Using texts in science education: cognitive processes and knowledge

representation. **Science**, v. 328, p. 453–456, 2010.

WU, H. K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Sci. Educ.**, v. 88, p. 465–492, 2004.

WULF, R.; HINKO, K.; FINKELSTEIN, N. comparing mechanistic reasoning in open and guided inquiry physics activities, **Physics Education Research Conference Proceedings**, Portland, p. 369-372, 2013.

ZHANG, Z. H.; LINN, M. can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? **Journal of Research in Science Teaching**. v. 48, n. 10, p. 1177–1198, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Roteiro de questões prévias para a realização das entrevistas durante a atividade experimental.

Water and CCl₄	
Question	Possible answer
Q.1 - What do you observe when we mix water and carbon tetrachloride?	A.1 - The substances are mixed.
Q.2 - Why do you think they mix?	A.2 - Because its forms a single phase.
Q.3 - But looks again! What's this? (Pointing interface).	A.3 - The substances don't mix.
Q.4 - What evidence do you have to say that they don't mix?	A.4 - Because the interface. I can see that they don't mix.
Q.5 - Can you explain why do you think that these substances don't mix?	A.5 - Because the water is a polar substance and the carbon tetrachloride is non polar.
Q.6 - Why do you think that the water is polar?	A.6 - Because the oxygen is more electronegative than hydrogen.
Q.7 - But why do you think that because of oxygen is more electronegative than hydrogen, the water is polar? Draw the molecule and explain to me.	A.7 - The water molecule has angular geometry and it has a dipole moment, which makes the molecule to be polar.
Q.8 - Ok. And about the carbon tetrachloride? Why do you think that these molecule is non polar?	A.8 - Because it has tetrahedral geometry and each bonding of C-Cl has a vector and they are canceled, so the molecule doesn't have formation an electric pole. A.8 - I don't know.
Q.9 - What is the geometric shape of carbon tetrachloride (CCl ₄)?	A.9 - I don't know.
Q.10 - How many bonds the carbon atom does?	A.10 - Four.
Q.11 - Draw the molecule and try to predict its geometry.	A.11 - I think this molecule has tetrahedral geometry.
Q.12 - Ok. There is dipole moment in this molecule?	A.12 - There is not. A.12 - I don't know.
Q.13 - How I can predict the direction of the vectors? Draw to me.	A.13 - The less electronegative atom to the more electronegative.
Q.14 - Then, what do you think about the dipole moment?	A.14 - Each bonding of C-Cl has a vector and they are canceled, so the molecule doesn't have dipole moment.
Q.15 - Why there isn't dipole moment?	A.15 - Because the vectors that indicate the direction of the concentration of electrical charges are canceled.
Q.16 - So this molecule is polar or non polar?	A.16 - Non polar.
Q.17 - Why do you think that polar and nonpolar substances don't mix?	A.17 - Because polar substances has an electric pole and nonpolar don't have. So, there is no interaction between them.
Q.18 - But there isn't any interaction?	A.18 - There can be a little interaction.
Q.19 - This "little" interaction is strong or weak?	A.19 - Weak.
Q.20 - Why do you think that this interaction is weak?	A.20 - Because the water has strong hydrogen bonding and for the water to interact with carbon tetrachloride is necessary to break this bonding. It's a process not favorable energetically.

Q.21 - Do you think that they release or absorb energy when mixing?	A.21 - I think they absorb energy, because is a process unfavorable.
Q.21 - But if I to say for you that this process release energy and water and carbon tetrachloride have a strong interaction, what do you would say?	A.21 - I don't know.
Q.22 - Do you know which are the important characteristics of the molecules for that they mix?	A.22 - Size?
Q.23 - Yes. Anything else?	A.23 - Structure and configuration?
Q.24 - Ok. Very good. And you can compare these two substances with these characteristics and predict whether they will mix?	A.24 - They are a lot difference of size and structure, so I think they don't mix. The interaction between each other is bigger than with other substance.
Q.25 - And why they have enthalpy negative and don't mix?	A.25 - Because of the large number of configuration between molecules of the same substance. They don't have similar structure and size.
Q.26 - Ok. Do you know the name of the intermolecular force between water and carbon tetrachloride?	A.26 - Dipole-induced dipole.
Q.27 - Ok. What the substance is in the upper phase and which is in the bottom?	A.27 - According to the date, the water is less dense, so it stay in the upper phase and the carbon tetrachloride in the bottom.
- Let's go add the iodine.	

Iodine	
Q.1 - Add the iodine and mix. What do you observe?	A.1 - The iodine was dissolved in the bottom phase, in carbon tetrachloride.
Q.2 - And in the water, it's was dissolved?	A.2 - Very little.
Q.3 - How do you know that the iodine was dissolved more in carbon tetrachloride? What the evidence of this?	A.3 - Because of coloration, the bottom phase became more orange.
Q.4 - And in the upper phase, the iodine was dissolved?	A.4 - Little. This phase is a little orange. But much less that the bottom phase.
Q.5 - Why do you think that this happening?	A.5 - Maybe the iodine is nonpolar and dissolves more in nonpolar substances.
Q.6 - Why do you think that the iodine is nonpolar?	A.6 - Because the molecule has two iodine atoms and when molecules have atoms equal, there is no electronegativity difference. A.6 - I don't know.
Q.7 - Draw an iodine molecule to me and try to explain why the iodine is nonpolar.	A.7 - There is no formation of electric dipole because they are two of the same atoms, with same electronegativity. The molecule is nonpolar.
Q.8 - Ok. And if the water is polar, why the iodine was dissolved a little in this phase?	A.8 - I don't know.
Q.9 - Draw the iodine and water molecule to me. What do you think that happens when this molecule approaches the water molecule?	Q.9 - Well, the iodine molecule doesn't have electric pole, but it has an electron cloud around you. When the water molecule approaches the iodine can occur to form a temporary pole in the iodine molecule. As opposite charges attract, there will be little interaction between the iodine and water.
Q.10 - Ok. Do you know the name of this interaction?	A.10 - Dipole-induced dipole.

Q.11 - And about the bottom phase, what the name of the interaction between carbon tetrachloride and iodine?	A.11 - Dispersion forces, because they are nonpolar molecules and interact from induced dipoles.
Q.12 - Do you know tell me about the energy of this system (bottom phase), they release or absorb energy?	A.12 - These molecules have similar size and if they mix, there should be a greater number of possible configurations when they are mixed. But about energy, I don't know to say. I think they release energy.
- Ok. Let's go add copper sulfate.	

Cooper sulfate	
Q.1 - Add cooper sulfate in the other cylinder and mix. What do you observe?	A.1 - The copper sulfate was dissolved in the upper phase.
Q.2 - What the evidence that it was dissolved in water?	A.2 - The color. The water turned blue.
Q.3 - And in the bottom phase, the copper sulfate was dissolved?	A.3 - No, no evidence.
Q.4 - Why do you think that this happening?	A.4 - Because the copper sulfate is a polar substance and dissolves in the water, which also is polar.
Q.5 - Why do you think that the copper sulfate is polar?	A.5 - Because it was dissolved well in a polar substance, it should be polar.
Q.6 - Draw this molecule to me and explain why it is polar.	A.6 - I don't know.
Q.7 - What do you could tell me about the chemical bonds in this substance?	A.7 - Well, the copper sulfate does ionic bonding because it is formed by metal (copper) and nonmetal (Sulfur and oxygen).
Q.8 - Ok. And what does that mean?	A.8 - The copper sulfate molecule is formed by ions Cu^{2+} and SO_4^{2-} . When this substance interacts with the water molecules, it dissociates in these ions.
Q.9 - Why does it dissociate in these ions?	A.9 - Because water is very polar and it is able to break the ion network of this ionic compound.
Q.10 - Do you think that this process release or absorb energy?	A.10 - I think they release energy.
Q.11 - Why do you think that they release energy?	A.11 - Because as there is dissociation, it indicates that the process should be spontaneous.
Q.12 - Ok. And how do you think that water molecules interact with these ions?	A.13 - I don't know.
Q.13 - Draw to me the water molecule and the interaction between this molecule and the ions.	A.14 - Ok. The water has a positive polo and a negative polo. The water positive part will interact with the anion and the positive part with cation.
Q.14 - Why do you think that this happens?	A.15 - Because opposite charges attract.
Q.15 - Do you know what the name of the interaction between these molecules and ions?	A.16 - Ion-dipole.
Q.16 - Ok. Concluding, do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?	

APÊNCICE 2 - Material elaborado composto por texto e imagens

Solubilidade, Polaridade e Forças intermoleculares

Página 1

Neste capítulo nós iremos explorar e explicar porque algumas substâncias misturam umas com as outras, enquanto que outras não. Por exemplo, algumas substâncias como água e álcool facilmente misturam e formam uma solução homogênea. No entanto, se você tentar misturar água e gasolina certamente irá falhar.

Como nós podemos explicar essas diferenças? Vamos explorar isto nos próximos parágrafos.

Misturando água e tetracloreto de carbono

Quando nós misturamos água ($\text{H}_2\text{O}_{(l)}$) e tetracloreto de carbono ($\text{CCl}_{4(l)}$), observamos que estas substâncias não se misturam. A Figura 1 representa uma proveta contendo a mesma quantidade destas duas substâncias. Se você olhar cuidadosamente verá duas fases líquidas ao invés de uma solução homogênea. Por que isto acontece? Por que algumas substâncias não se misturam com outras? Para entender este fenômeno, nós precisamos explorar algumas propriedades químicas das substâncias.

Água e tetracloreto de carbono são dois compostos químicos diferentes. Se nós assumirmos que qualquer quantidade de um composto químico é compreendido de partículas pequenas, nós podemos representar uma pequena porção de cada fase líquida como mostrado na Figura 2. Nesta imagem, as partículas que compõem uma amostra de água são mostradas em cor vermelha enquanto as partículas que compõem a amostra de tetracloreto de carbono são representadas na cor azul.

As diferentes cores são usadas para indicar que as partículas destes dois compostos apresentam diferente composição e estrutura (lembre-se que átomos e moléculas não possuem cores). As diferenças na composição e estrutura das partículas que compõem cada composto são responsáveis pela imiscibilidade destas substâncias. Mas, por que e como?



Figura 1: Representação de uma proveta contendo água e tetracloreto de carbono

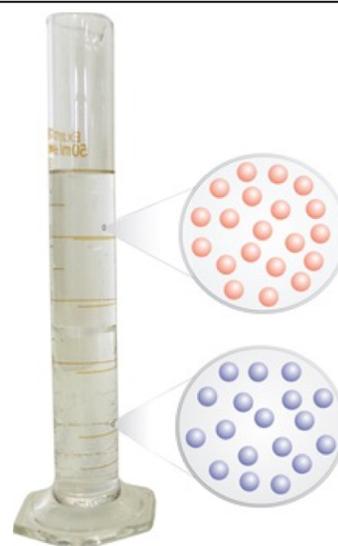
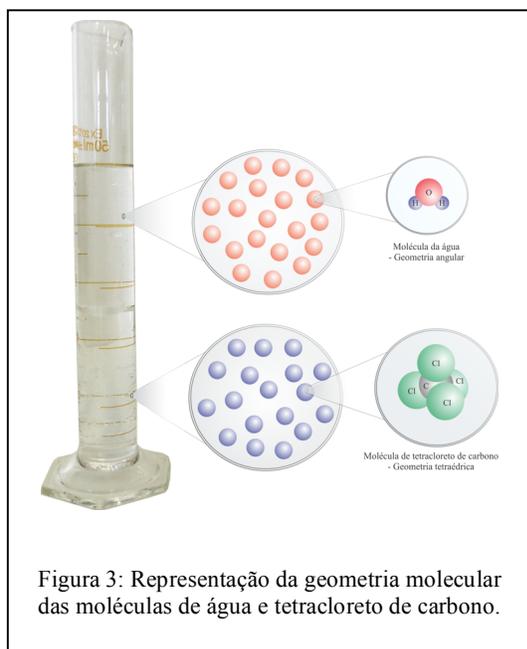


Figura 2: Representação das partículas de cada fase líquida

Página 2

Se pudéssemos dar um zoom em cada uma das partículas de água representadas na Figura 2, veríamos que cada uma delas é na verdade uma molécula formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio central (veja a Figura 3). A



composição química destas partículas pode ser representada como H_2O . Por outro lado, cada uma das partículas de tetracloreto de carbono é constituída por quatro átomos de cloro ligados a um átomo central de carbono. Podemos representar a sua composição como CCl_4 . A composição química das moléculas pode ser utilizada para inferir sua forma geométrica (estrutura molecular) e como seus elétrons de valência estão distribuídos entre diferentes átomos (polaridade molecular).

Os átomos nas moléculas de H_2O e CCl_4 estão conectados através de ligações covalentes. Estas ligações envolvem o compartilhamento dos elétrons da camada de valência entre átomos ligados.

As repulsões elétricas entre os elétrons em cada ligação determinam a forma da molécula. Como você pode ver na Figura 3, as moléculas de água têm uma geometria angular, enquanto as moléculas de tetracloreto de carbono têm uma geometria tetraédrica. A composição atômica e a forma geométrica de uma molécula determinam como os elétrons de valência estão distribuídos entre seus átomos. Esta distribuição de elétrons, por sua vez, determina a polaridade da molécula e como ela interage com outras moléculas.

A polaridade molecular resulta de uma desigual distribuição de elétrons da camada de valência entre os átomos que compõem uma molécula. Alguns átomos são mais eletronegativos que outros (veja o quadro à direita). Quando dois átomos formam uma ligação covalente, os elétrons de valência compartilhados gastam mais tempo perto do átomo mais eletronegativo. Isto cria uma distribuição desigual de cargas eletrônicas na ligação. O átomo mais eletronegativo adquire uma carga parcial negativa (δ^-), enquanto o átomo menos eletronegativo na ligação adquire uma carga parcial positiva (δ^+). A ligação química é chamada polar quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos ligados.

Como é possível ver da tabela, a diferença na eletronegatividade entre átomos de oxigênio e hidrogênio é maior do que a diferença na eletronegatividade entre átomos de carbono e cloro. Consequentemente, as ligações O-H nas moléculas de água são mais polares do que as ligações C-Cl nas moléculas de tetracloreto de carbono.

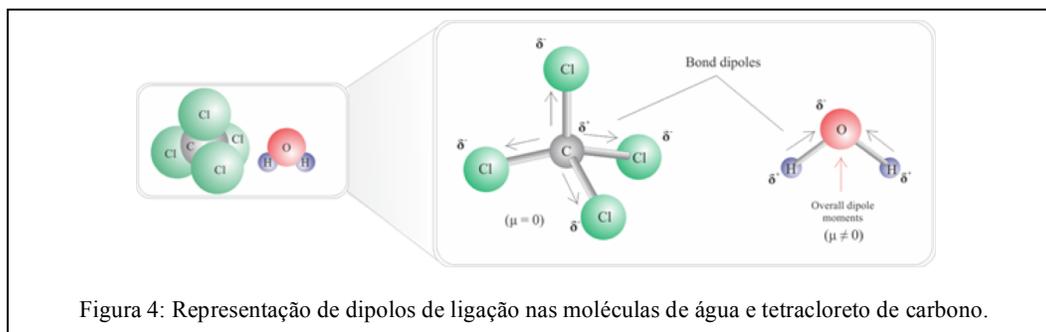
Para lembrar: **Eletronegatividade**

Eletronegatividade é uma propriedade periódica que mede a habilidade do átomo em uma molécula atrair elétrons para si mesmo. Observe o valor da eletronegatividade de alguns elementos:

F: 4.0	O: 3.5
N: 3.0	Cl: 3.0
C: 2.5	H: 2.1

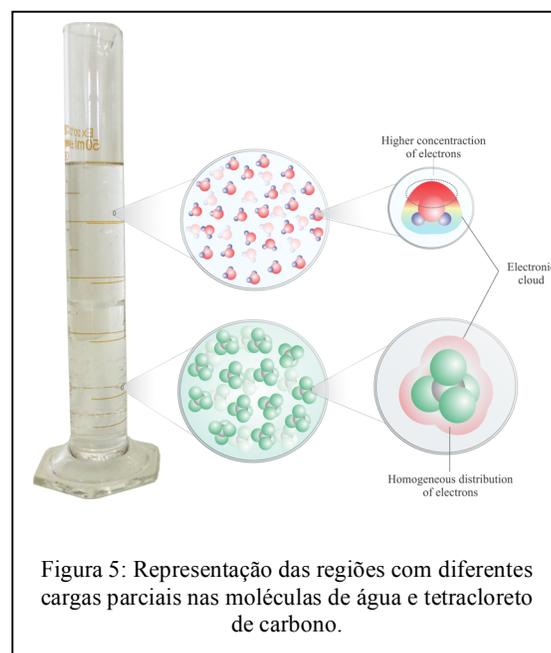
Página 3

Como uma molécula interage com outra molécula depende não somente em como os elétrons de valência estão distribuídos em cada uma de suas ligações (polaridade da ligação), mas também em como os elétrons de valência estão distribuídos por toda molécula (polaridade molecular). Uma maneira de analisar a distribuição global de elétrons de valência é desenhando setas ao longo de cada ligação começando no átomo com uma carga parcial positiva (δ^+) e terminando no átomo com a carga parcial negativa (δ^-) (ver Figura 4). Cada uma dessas setas representa um ‘dipolo de ligação’.



Os diferentes dipolos de ligação numa molécula podem ser adicionados como vectores para determinar o momento dipolar total (μ) da molécula. Quando os dipolos de ligação apontam em direções opostas, eles se cancelam; os dipolos de ligação apontando na mesma direção somam-se. Como você pode ver na Figura 4, os dipolos de ligação na molécula de água não estão apontando em direções opostas e somam-se para produzir um momento dipolar líquido ($\mu \neq 0$). Dizemos então que as moléculas de água são "polares". Por outro lado, os momentos de dipolo nas moléculas de tetracloreto de carbono estão apontando em direções opostas devido à sua geometria tetraédrica e terminam cancelando ($\mu = 0$). Dizemos então que essas moléculas são "não polares".

A presença de um momento de dipolo em uma molécula é uma indicação de que seus elétrons de valência não estão uniformemente distribuídos em diferentes partes da molécula. Em moléculas polares, existem regiões que têm uma carga negativa parcial (por exemplo, átomo de oxigênio numa molécula de água) e existem regiões com uma carga positiva parcial (por exemplo, átomos de hidrogênio numa molécula de água). Neste caso, podemos detectar claramente a presença de um polo elétrico. Conforme mostrado na Figura 5, é comum destacar as regiões com uma carga parcial negativa usando uma tonalidade avermelhada enquanto as regiões com uma carga parcial positiva têm uma tonalidade azulada. No caso de moléculas não polares como o tetracloreto de carbono, a carga parcial negativa é homogeneamente distribuída entre os diferentes átomos de cloro e não há nenhum polo elétrico.



Página 4

A distribuição de elétrons de valência em moléculas afeta como eles interagem umas com as outras. Por exemplo, a presença de regiões numa molécula de água com uma carga parcial negativa e uma carga parcial positiva influencia a orientação das moléculas de água uma em relação à outra. Como mostrado na

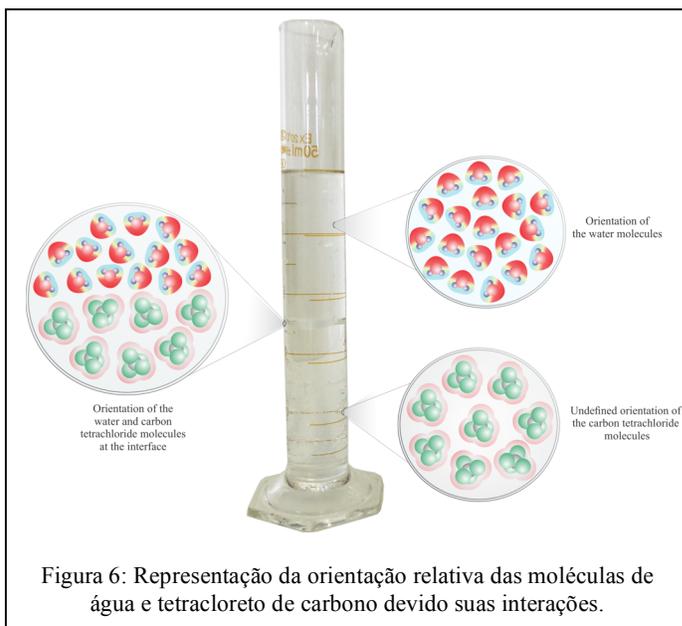
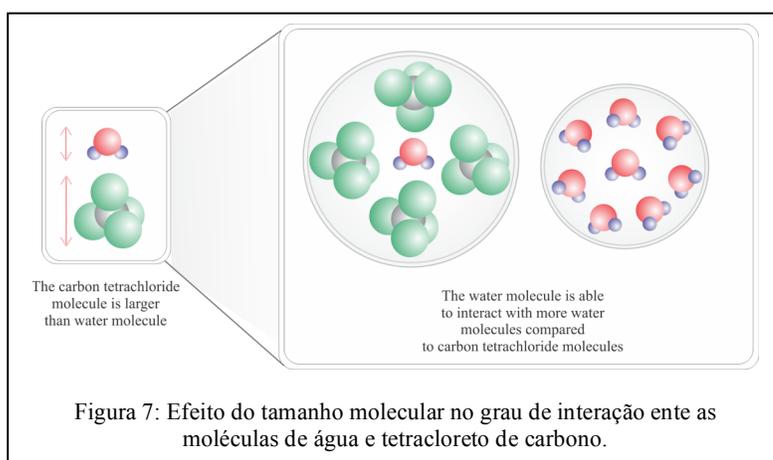


Figura 6, as regiões com a carga parcial negativa (em torno do átomo de oxigênio) são mais propensas a apontar para as regiões com carga parcial positiva (átomos de hidrogênio) devido à atração eletrostática entre cargas opostas. Por outro lado, as moléculas de tetracloreto de carbono não adotam qualquer orientação particular uma em relação à outra porque a carga está, em média, uniformemente distribuída ao longo de cada molécula.

Moléculas de água e moléculas de tetracloreto de carbono também diferem em seus tamanhos. As moléculas de água são menores do que as moléculas de tetracloreto

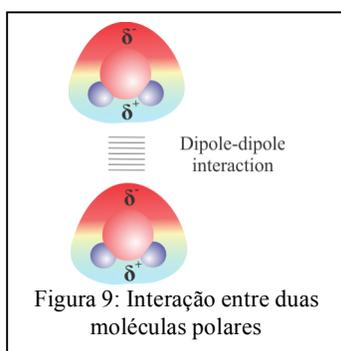
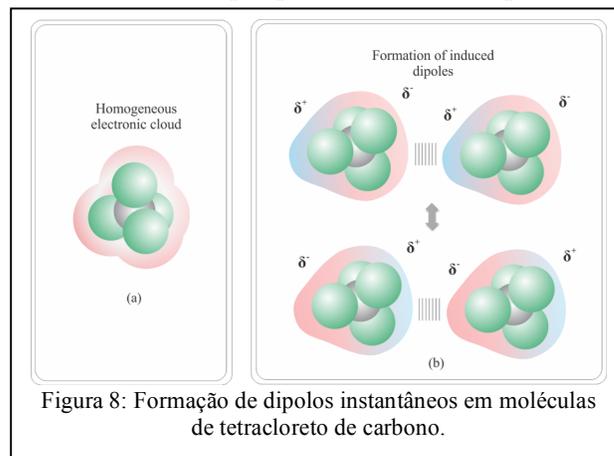
de carbono. Essa diferença de tamanho afeta como essas moléculas interagem entre elas mesmas e umas com as outras. Como mostrado na Figura 7, devido as moléculas de água serem menores do que as moléculas de tetracloreto de carbono, uma única molécula de água pode interagir com um número maior de moléculas de água do que com as moléculas de tetracloreto de carbono.

Como será discutido nos próximos parágrafos, todas essas diferenças no modo como as moléculas interagem entre si são a razão pela qual as moléculas de água e tetracloreto de carbono não se misturam. Mas, para explicar este fenômeno, precisamos explorar mais profundamente a origem e a natureza dos diferentes tipos de interações entre moléculas (isto é, suas forças intermoleculares).



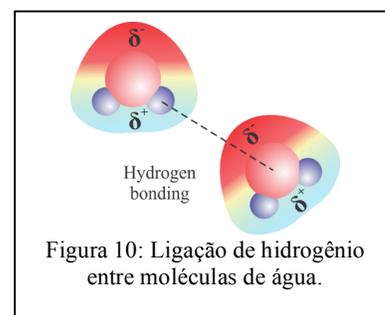
Página 5

Todas as moléculas, sejam elas polares ou não, se atraem porque são feitas de partículas eletricamente carregadas (elétrons e prótons) que exercem forças umas sobre as outras. Essas interações intermoleculares são chamadas forças de "dispersão". Qual é a origem desses tipos de forças? Dado que os elétrons em qualquer molécula estão em movimento constante, eles podem ocasionalmente gastar mais tempo em algumas regiões da molécula do que em outros. Por exemplo, imagine que você poderia congelar o movimento de elétrons em uma molécula de CCl_4 a qualquer momento que você quiser. Se isso fosse possível, em alguns momentos



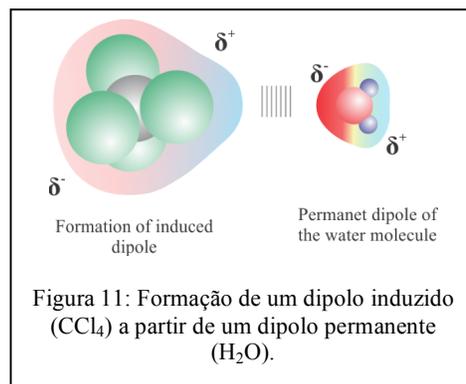
em outras ocasiões você observaria uma concentração maior de elétrons em algumas partes da molécula do que em outras (veja a Figura 8b). Quando isso ocorre, um dipolo instantâneo é formado devido à presença de áreas com uma carga negativa parcial (δ^-) e áreas com uma carga positiva parcial (δ^+). Uma vez que isso acontece, o dipolo induzido em uma molécula afeta a distribuição de elétrons em moléculas vizinhas, induzindo a formação de dipolos instantâneos neles. Cargas parciais com sinal oposto em moléculas diferentes se atraem causando as forças de dispersão de que estamos falando.

As forças de dispersão são o único tipo de interações entre moléculas não polares, como o tetracloreto de carbono. Se as moléculas são polares, entretanto, outros tipos de interações devem ser considerados. As moléculas polares têm momentos dipolares permanentes que produzem uma força adicional de atração entre as partes mais positivas e mais negativas das moléculas. Este tipo de força intermolecular é conhecido como interação dipolo-dipolo (ver Figura 9). Em moléculas onde os átomos de hidrogênio estão ligados a átomos altamente eletronegativos tais como O, N e F (isto é, moléculas com ligação H-O, H-N ou H-F) pode-se estabelecer um terceiro tipo de interação denominada ligação de hidrogênio. Ligação de hidrogênio é o nome da interação entre o hidrogênio envolvido numa ligação H-O, H-N ou H-F numa molécula e o par de elétrons não compartilhados num átomo eletronegativo (geralmente O, N e F) em outra molécula. Este tipo de força intermolecular está presente entre moléculas de água como ilustrado na Figura 10 usando linhas pontilhadas. Como você pode imaginar, quanto mais maneiras diferentes as moléculas têm de interagir umas com as outras (dispersão, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio), mais energia precisa ser investida para separar essas moléculas um do outro.



Página 6

Os diferentes conceitos e ideias discutidos até agora podem ser usados para construir uma explicação de por que as moléculas de água e o tetracloreto de carbono não se misturam umas com as outras. No tetracloreto de carbono líquido, moléculas de CCl_4 são atraídas umas às outras através de forças de dispersão. Na água líquida, as moléculas de H_2O são atraídas umas às outras através de interações de dispersão, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. Quando moléculas de CCl_4 e H_2O se encontram, o momento dipolar permanente nas moléculas de água leva à formação de um dipolo induzido nas moléculas de tetracloreto de carbono como mostrado na Figura 11.



Esse fenômeno cria interações atrativas entre moléculas de H_2O e CCl_4 . No entanto, estas interações têm de competir com as interações entre as moléculas de CCl_4 com eles próprias e entre moléculas de H_2O com eles próprias. Dado que as moléculas de H_2O são menores do que as moléculas de CCl_4 e interagem de muitas maneiras diferentes umas com as outras, as moléculas de água são mais susceptíveis a permanecerem próximas umas das outras do que ser misturadas com as moléculas de CCl_4 . Mesmo se nós sacudirmos os dois líquidos para misturá-los, ao longo do tempo, as moléculas de H_2O e as moléculas de CCl_4 terminariam separando-se umas das outras. Isso ocorre porque uma vez que duas ou mais moléculas de H_2O aleatoriamente se encontram (veja a Figura 12), elas são mais propensas a permanecerem juntas do que a se dispersarem novamente entre as moléculas de CCl_4 . Eventualmente, todas as moléculas de H_2O se separarão das moléculas de CCl_4 formando as duas fases diferentes que vemos na figura 12 (c).

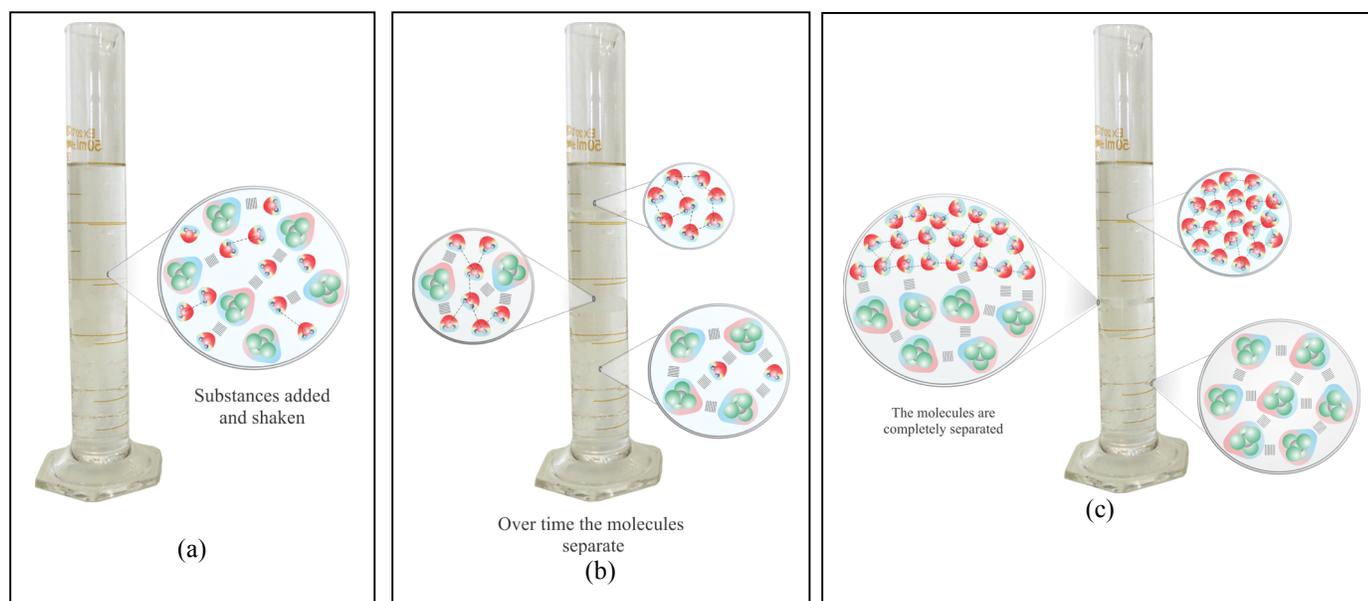


Figura 12: a) Mistura de água e tetracloreto de carbono após agitação. b) Com o passar do tempo, começam a se formar regiões com diferentes concentrações de cada substância. c) As duas substâncias terminam separando-se completamente.

APÊNDICE 3 - Material elaborado composto somente por imagens

Imagem 1



Imagem 2



Imagem 3



Imagem 4

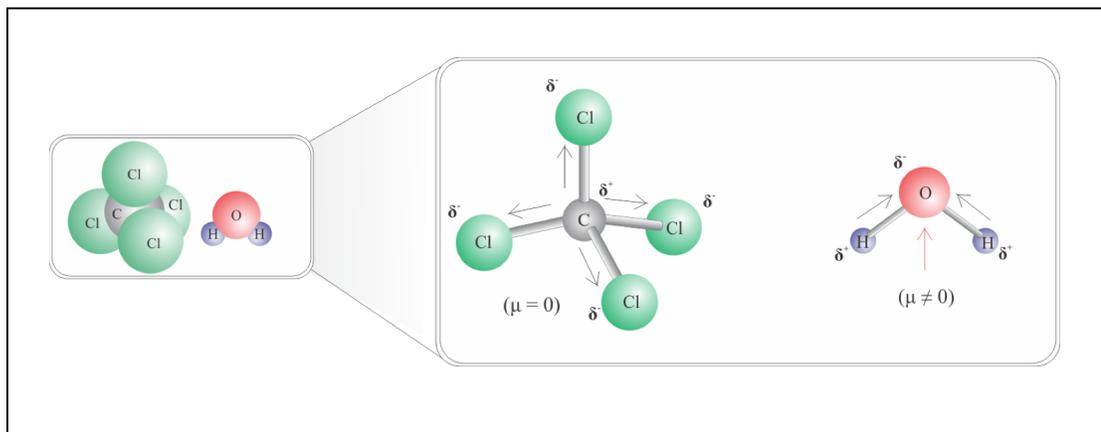


Imagem 5

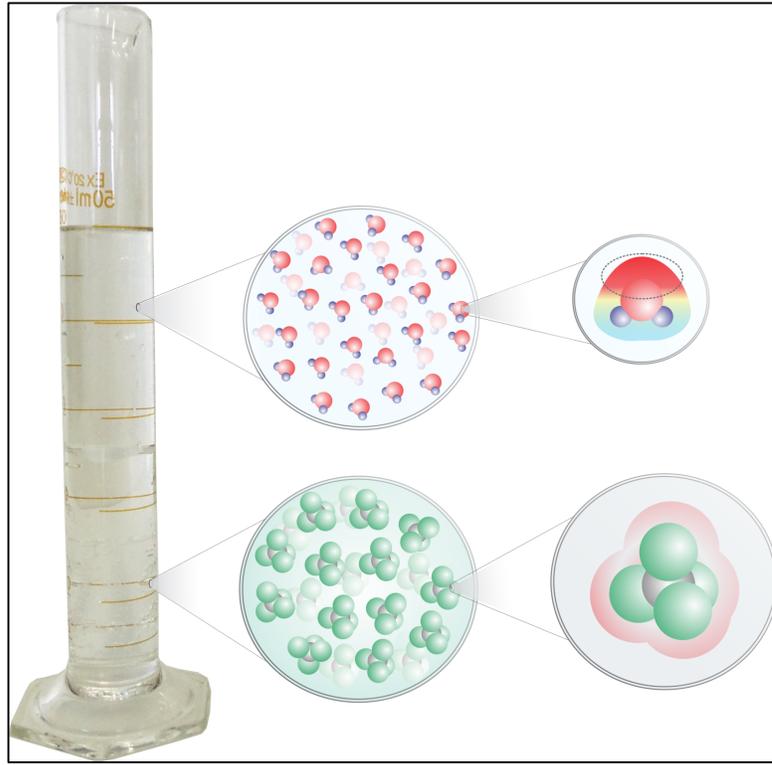


Imagem 6



Imagem 7

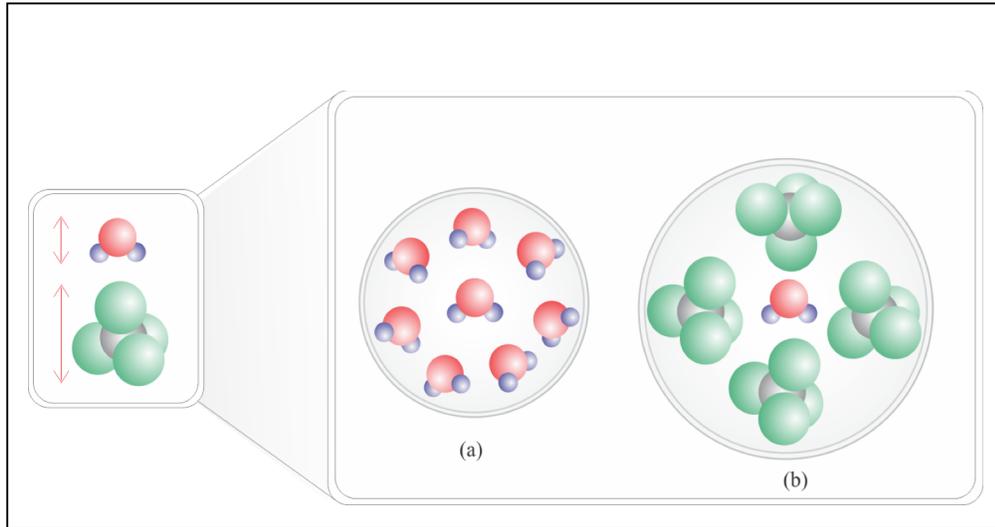


Imagem 8

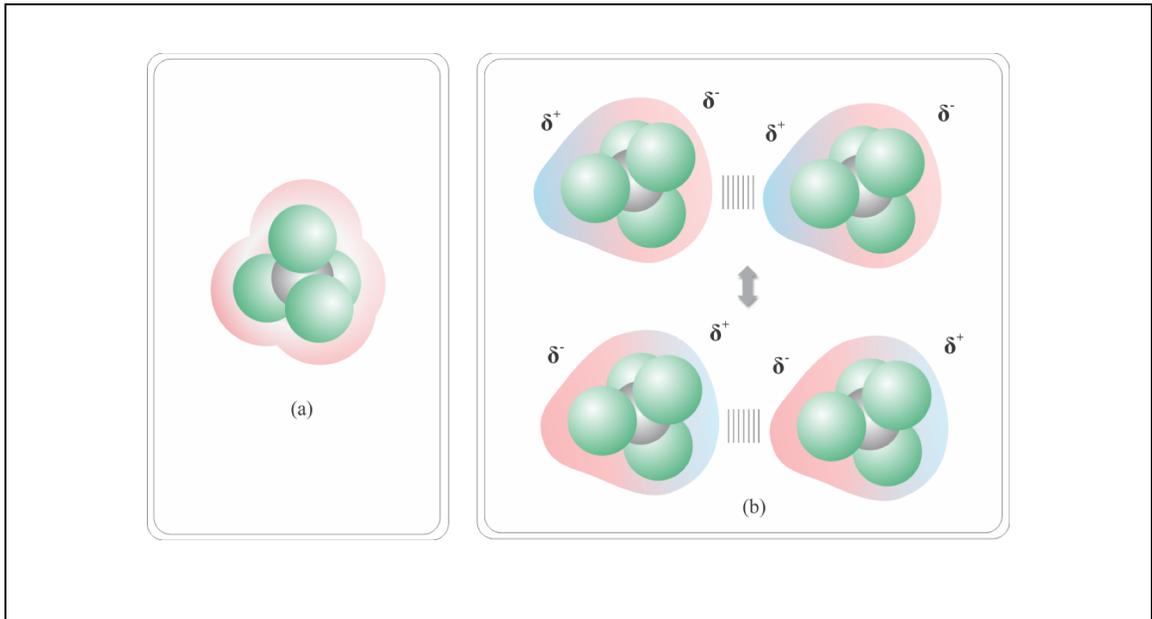


Imagem 9

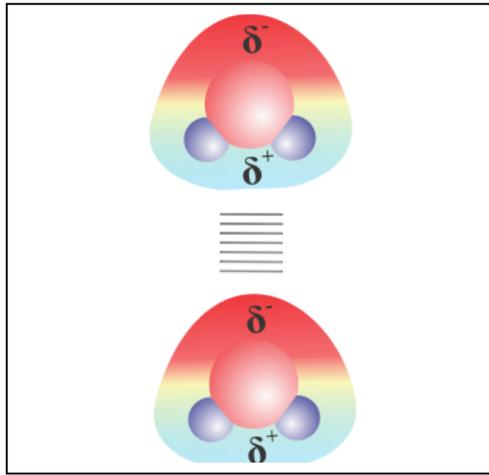


Imagem 10

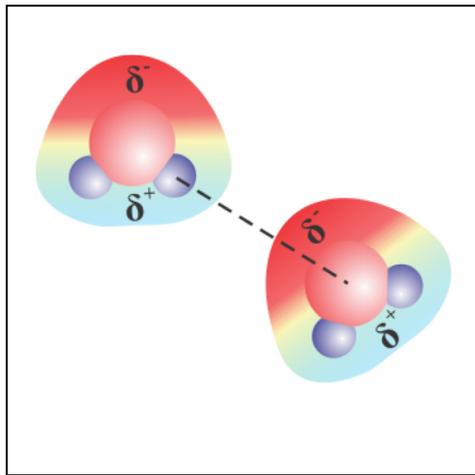


Imagem 11

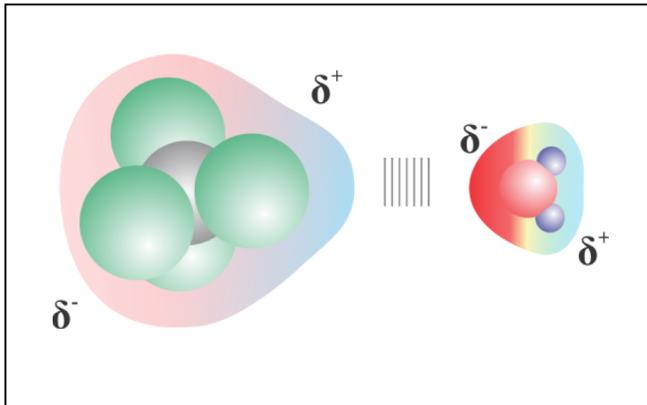


Imagem 12



Ao longo do tempo

APÊNDICE 4 – Material elaborado composto apenas por texto

Página 1

Solubilidade, Polaridade e Forças intermoleculares

Neste capítulo explicaremos porque algumas substâncias misturam umas com as outras, enquanto que outras não. Por exemplo, as substâncias água e álcool misturam-se facilmente e formam uma solução homogênea. No entanto, isso não acontece quando misturamos as substâncias água e gasolina.

Misturando água e tetracloreto de carbono

Ao misturarmos as substâncias água ($\text{H}_2\text{O}_{(l)}$) e tetracloreto de carbono ($\text{CCl}_{4(l)}$), observamos que não se misturam. Em uma proveta contendo a mesma quantidade destas substâncias é possível identificar duas fases líquidas ao invés de uma solução homogênea. Por que isto acontece? Por que algumas substâncias não se misturam umas com as outras? Para entender este fenômeno, é necessário explorar as propriedades químicas das substâncias.

Água e tetracloreto de carbono são dois compostos químicos diferentes. As diferenças na composição e estrutura das partículas que compõem cada composto são responsáveis pela imiscibilidade destas substâncias. Mas como isso acontece e o porquê?

→ Antes de prosseguirmos, faça um desenho no espaço abaixo que representa o que você compreendeu em relação à imiscibilidade ou não de determinadas substâncias.



Página 2

A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio central. A composição química destas partículas pode ser representada como H_2O . Por outro lado, cada uma das partículas de tetracloreto de carbono é constituída por quatro átomos de cloro ligados a um átomo central de carbono. Podemos representar a sua composição como CCl_4 . A composição química das moléculas pode ser utilizada para inferir sua forma geométrica (estrutura molecular) e como seus elétrons de valência estão distribuídos entre diferentes átomos (polaridade molecular).

Os átomos nas moléculas de H_2O e CCl_4 estão conectados por meio de ligações covalentes. Estas ligações envolvem o compartilhamento dos elétrons da camada de valência. As repulsões elétricas entre os elétrons em cada ligação determinam a estrutura geométrica da molécula. As moléculas de água têm uma geometria angular, enquanto que as moléculas de tetracloreto de carbono têm uma geometria tetraédrica.

A composição atômica e a forma geométrica de uma molécula determinam como os elétrons de valência estão distribuídos entre seus átomos. Esta distribuição de elétrons, por sua vez, determina a polaridade da molécula e como ela interage com outras moléculas.

A polaridade molecular resulta de uma desigual distribuição de elétrons da camada de valência entre os átomos que compõem uma molécula. Alguns átomos são mais eletronegativos que outros (veja o quadro à direita). Quando dois átomos formam uma ligação covalente, os elétrons de valência compartilhados aproximam, por mais tempo, do átomo mais eletronegativo. Isto cria uma distribuição desigual de cargas eletrônicas na ligação. Em decorrência disso, o átomo mais eletronegativo na ligação adquire uma carga parcial negativa (δ^-), enquanto o átomo menos eletronegativo uma carga parcial positiva (δ^+). A ligação química será mais polar (mais polarizada) quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos ligados.

Considerando as moléculas de água e tetracloreto de carbono, a diferença de eletronegatividade entre átomos de oxigênio e hidrogênio é maior do que entre os átomos de carbono e cloro. Logo, as ligações O-H das moléculas de água são mais polares do que as ligações C-Cl das moléculas de tetracloreto de carbono.

Para lembrar:
Eletronegatividade

Eletronegatividade é uma propriedade periódica que mede a habilidade do átomo em uma molécula atrair elétrons para si mesmo. Observe o valor da eletronegatividade de alguns elementos:

F: 4.0	O: 3.5
N: 3.0	Cl: 3.0
C: 2.5	H: 2.1

→ Faça um desenho que represente o que você compreendeu em relação à composição química e a geometria das moléculas citadas na página anterior.



Página 3

Considerando que a interação entre uma molécula e outra depende não somente de como os elétrons de valência estão distribuídos em cada uma de suas ligações (polaridade da ligação), mas também de como os elétrons de valência estão distribuídos por toda molécula (polaridade molecular), uma maneira de analisar a distribuição global de elétrons de valência é desenhando setas ao longo de cada ligação, começando no átomo com uma carga parcial positiva (δ^+) e terminando no átomo com a carga parcial negativa (δ^-). Cada uma dessas setas representa um ‘dipolo de ligação’.

Os diferentes dipolos de ligação podem ser adicionados como vetores para determinar o momento de dipolo total (μ) da molécula. Quando os dipolos de ligação apontam em direções opostas, ocorre o cancelamento; por outro lado, os dipolos de ligação que apontam na mesma direção são somados. Para a molécula da água, é possível dizer que os dipolos de ligação não estão apontando em direções opostas e somam-se para produzir um momento dipolar líquido diferente de zero ($\mu \neq 0$). Dizemos então que as moléculas de água são moléculas polares. Por outro lado, os momentos de dipolo das moléculas de tetracloreto de carbono estão apontando em direções opostas, devido à sua geometria tetraédrica, e se cancelam ($\mu = 0$). Dizemos então que são moléculas não polares.

A presença de um momento de dipolo em uma molécula indica que os elétrons de valência não estão uniformemente distribuídos na molécula. Em moléculas polares, existem regiões que têm uma carga negativa parcial e outras com uma carga positiva parcial, formando polo elétrico. No caso de moléculas não polares como o tetracloreto de carbono, a carga parcial negativa é homoganeamente distribuída entre os diferentes átomos de cloro e não há polo elétrico.

→ Faça um desenho que represente os dipolos de ligação e as cargas parciais nas moléculas de água e tetracloreto de carbono.



Página 4

Agora, como acontece a interação entre as moléculas da mesma substância? A distribuição de elétrons de valência em moléculas afeta a interação entre elas. Por exemplo, numa molécula de água, a presença de regiões com carga parcial negativa e de carga parcial positiva influencia a orientação das moléculas de água uma em relação à outra. As regiões com a carga parcial negativa (em torno do átomo de oxigênio) são mais propensas a interagir com as regiões com carga parcial positiva (átomos de hidrogênio) devido ao fenômeno de atração eletrostática entre cargas opostas. Por outro lado, as moléculas de tetracloreto de carbono não adotam qualquer orientação particular uma em relação à outra porque a carga está, em média, uniformemente distribuída ao longo de cada molécula.

As moléculas de água e de tetracloreto de carbono também diferem em seus tamanhos. As moléculas de água são menores do que as moléculas de tetracloreto de carbono. Essa diferença de tamanho afeta como essas moléculas interagem entre elas mesmas e entre moléculas diferentes. Devido às moléculas de água serem menores que as de tetracloreto de carbono, uma única molécula de água pode interagir com um número maior de moléculas de água do que com as moléculas de tetracloreto de carbono.

Posteriormente, discutiremos as diferenças no modo como as moléculas interagem entre si, razão pela qual as moléculas de água e tetracloreto de carbono não se misturam. Mas, para explicar este fenômeno, precisamos explorar mais profundamente a origem e a natureza dos diferentes tipos de interações entre moléculas (isto é, as forças intermoleculares).

→ Faça um desenho que represente como as moléculas água e tetracloreto de carbono interagem entre si, levando em consideração o tamanho e cargas destas moléculas.



Página 5

Todas as moléculas, sejam polares ou não, se atraem porque são constituídas de partículas eletricamente carregadas (elétrons e prótons) que exercem forças umas sobre as outras. Essas interações intermoleculares são chamadas forças de dispersão. Qual é a origem desses tipos de forças? Dado que os elétrons em qualquer molécula estão em movimento constante, ocorre que permanecem, por mais tempo, em determinadas regiões da molécula do que em outras. Por exemplo, imagina que você pudesse congelar o movimento dos elétrons em uma molécula de CCl_4 em um determinado instante. Se isso fosse possível, em alguns momentos você veria os elétrons uniformemente distribuídos no espaço. Entretanto, em outras ocasiões você observaria uma concentração maior de elétrons em algumas partes da molécula do que em outras. Quando isso ocorre, um dipolo instantâneo é formado devido à presença de áreas com uma carga negativa parcial (δ^-) e áreas com uma carga positiva parcial (δ^+). Por que isso acontece? Porque o dipolo induzido em uma molécula afeta a distribuição de elétrons em moléculas vizinhas, induzindo a formação de dipolos instantâneos neles. Cargas parciais com sinal oposto em moléculas diferentes se atraem causando as forças de dispersão de que estamos falando.

As forças de dispersão são o único tipo de interações entre moléculas não polares, como o tetracloreto de carbono. Se as moléculas são polares, entretanto, outros tipos de interações devem ser considerados. As moléculas polares têm momentos dipolares permanentes que produzem uma força adicional de atração entre as partes mais positivas e mais negativas das moléculas. Este tipo de força intermolecular é conhecido como interação dipolo-dipolo. Em moléculas onde os átomos de hidrogênio estão ligados a átomos altamente eletronegativos tais como O, N e F (isto é, moléculas com ligação H-O, H-N ou H-F) pode-se estabelecer um terceiro tipo de interação denominada ligação de hidrogênio. Ligação de hidrogênio é o nome da interação entre o hidrogênio envolvido numa ligação H-O, H-N ou H-F numa molécula e o par de elétrons não compartilhados num átomo eletronegativo (geralmente O, N e F) de outra molécula. Este tipo de força intermolecular está presente entre moléculas de água, sendo representadas pelas linhas pontilhadas. Como você pode imaginar, quanto mais maneiras diferentes as moléculas têm de interagir umas com as outras (dispersão, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio), mais energia precisa ser investida para separar essas moléculas uma das outras.

→ Faça um desenho que represente as interações entre: água-água, água-tetracloreto de carbono.



Página 6

Os diferentes conceitos e ideias discutidos até agora podem ser usados para construir uma explicação de por que as moléculas de água e o tetracloreto de carbono não se misturam umas com as outras. No tetracloreto de carbono líquido, moléculas de CCl_4 são atraídas umas às outras através de forças de dispersão. Na água líquida, as moléculas de H_2O são atraídas umas às outras através de interações de dispersão, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. Quando moléculas de CCl_4 e H_2O se encontram, o momento dipolar permanente nas moléculas de água leva à formação de um dipolo induzido nas moléculas de tetracloreto de carbono.

Esse fenômeno proporciona interações atrativas entre moléculas de H_2O e CCl_4 . No entanto, estas interações têm de competir com as interações entre as moléculas de CCl_4 com elas próprias e entre moléculas de H_2O com elas próprias. Dado que as moléculas de H_2O são menores do que as moléculas de CCl_4 e interagem de muitas maneiras diferentes umas com as outras, as moléculas de água são mais susceptíveis a permanecerem próximas umas das outras do que ser misturadas com as moléculas de CCl_4 . Mesmo se nós agitarmos os dois líquidos para misturá-los, ao longo do tempo, as moléculas de H_2O e as moléculas de CCl_4 terminariam separando-se umas das outras. Isso ocorre porque uma vez que duas ou mais moléculas de H_2O aleatoriamente se encontram, elas são mais propensas a permanecerem juntas do que a se dispersarem novamente entre as moléculas de CCl_4 . Eventualmente, todas as moléculas de H_2O se separarão das moléculas de CCl_4 formando duas fases diferentes.

→ Faça um desenho que represente a mistura de água e tetracloreto de carbono ao longo do tempo, como descrito no parágrafo anterior.



APÊNDICE 5 – Roteiro prévio para entrevista com as imagens

1st image:

- What can you observe in this image?
- Look carefully the center of this cylinder. What do you see?
- Can you see an interface in this figure?

2nd image:

Now I will show you another image.

- What this image is trying to represent?
- What means the balls?
- What means the different colors?

3rd image:

Now, compare the third image with the second one.

- What this image is trying to represent?
- What was added from second to third image?
- Observe the geometric shape of the H₂O and CCl₄ molecules.
- Do you have some suggestion for this image?

4th image:

Observe the fourth image.

- What this image is trying to represent?
- Do you know which means the symbols δ^+ and δ^- ?
- Which means these arrows?
- Why the arrows are oriented from the symbol δ^+ to δ^- ?
- Which means the symbol “ μ ”? (mi)
- Do you have some suggestion for this image?

5th image:

Now compare the fifth image with the fourth one.

- What this image is trying to represent?
- Why the water molecule has higher concentration of electrons around the oxygen atom?
- Why the carbon tetrachloride has a homogeneous distribution of electrons?
- Is the electronic cloud different for the two molecules?
- Do you have some suggestion for this image?

6th image:

- Now compare the sixth image with the fifth one.

- What this image is trying to represent?
- Which means the orientation of the water molecules?
- Why this happens?
- Why the carbon tetrachloride has undefined orientation?
- Do you have some suggestion for this image?

7th image:

- Look the figure 7.
- What this image is trying to represent?
- Why do you think the size of the molecules influence the interaction between them?
- Do you have some suggestion for this image?

8th image:

- Look the figure 8.
- What this image is trying to represent?
- What are induced dipoles?
- Why these dipoles are formed?
- Which means the different colors in this representation? (light blue and light red)
- Do you have some suggestion for this image?

9th image:

- Look the figure 9.
- What this image is trying to represent?
- What is a “permanent dipole moment”?
- What happens when two polar molecules approach each other?
- Can you explain why the positive part of the water molecule interacts with a negative part of another molecule?
- Do you have some suggestion for this image?

10th image:

- Look the figure 10.
- What this image is trying to represent?
- We have two water molecules interacting again. What is this interaction?
- How this interaction occur?
- Which atoms participate of this interaction?
- Do you have some suggestion for this image?

11th image:

- Observe the figure 11.
- What this image is trying to represent?
- What happens when a CCl₄ molecule approach of a H₂O molecule?

- Do you have some suggestion for this image?

12th image:

- Observe the figure 12.

- What these images are trying to represent?

- How would you explain the evolution of the figures a, b and c?

- Do you have some suggestion for this image?

APÊNDICE 6 - Roteiro prévio para entrevista com texto

1st Page

- What did you understand in this page?
- By observing the images 1 and 2, would you say that they represent exactly what the text says?
- Do you think that these images clarify or not the understanding of the text?

2nd Page

- What did you understand in this page?
- What are the main concepts discussed on this page?
- Do you think that the geometric shape of the molecules is clear?
- Do you think that this image clarify or not the understanding of the text?

3rd Page

- What did you understand in this page?
- Is the figure 4 clear to represent the dipole bonds?
- Is possible to understand that the dipoles of CCl_4 molecule cancel each other and in the water molecule they don't cancel each other?
- Does the figure 5 help you to understand the concept of partial charges in the water molecules?
- Do you think that these images clarify or not the understanding of the text?

4th Page

- What did you understand after read this page?
- The figure 6 represents the molecules' orientation. What did you understand about it?
- Is easy or hard to visualize this phenomenon in this image?
- What did you understand about the figure 7?
- Do you think that the image 7 helps to understand that the size difference of the molecules influence the interaction between them?
- Do you think that these images clarify or not the understanding of the text?

5th Page

- What did you understand after read this page?
- Did the figure 8 help you to understand the dipole formation?
- Did the figure 9 help you to understand the dipole-dipole interactions?
- Did the figure 10 help you to understand the hydrogen bonding?
- Do you think that these images clarify or not the understanding of the text?

6th Page:

- What did you understand after read this page?
- Did the figure 11 help you to understand the interaction between water and carbon tetrachloride?
- According to figure 12, was possible to understand that the molecules, over time, end up separating?
- Do you think that these images clarify or not the understanding of the text?

APÊNDICE 7 – Termo de autorização para gravação de imagem e voz**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA GRAVAÇÃO DE IMAGEM E VOZ**

Eu, _____, depois de entender os riscos e benefícios que a pesquisa intitulada “**O USO DE REPRESENTAÇÕES VISUAIS PARA O ENSINO DO CONTEÚDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES**” poderá trazer e, entender especialmente os métodos que serão usados para a coleta de dados, assim como, estar ciente da necessidade da gravação de minhas imagens e voz, **AUTORIZO**, por meio deste termo, os pesquisadores Karina Caixeta Scalco, Márcia Regina Cordeiro e Keila Bossolani Kiill a realizar a gravação das aulas sem custos financeiros a nenhuma parte.

Esta **AUTORIZAÇÃO** foi concedida mediante o compromisso dos pesquisadores acima citados em garantir-me os seguintes direitos:

1. Poderei ler a transcrição da gravação das aulas;
2. Os dados coletados serão usados exclusivamente para gerar informações para a pesquisa aqui relatada e outras publicações dela decorrentes, quais sejam: revistas científicas, congressos e jornais;
3. Minha identificação não será revelada em nenhuma das vias de publicação das informações geradas;
4. Qualquer outra forma de utilização dessas informações somente poderá ser feita mediante minha autorização;
5. Os dados coletados serão guardados por 5 anos, sob a responsabilidade do pesquisadora coordenadora da pesquisa Márcia Regina Cordeiro e após esse período, serão destruídos e,
6. Serei livre para interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento e/ou solicitar a posse da gravação e transcrição de minhas imagens e voz.

Alfenas, ____/____/____

(Assinatura do participante ou representante legal)

APÊNDICE 8 – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa – **O uso de representações visuais para o ensino do conteúdo de Forças Intermoleculares**. No caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador(a) principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

TÍTULO DA PESQUISA: O uso de representações visuais para o ensino do conteúdo de Forças Intermoleculares.

PESQUISADOR(A) RESPONSÁVEL: Karina Caixeta Scalco

ENDEREÇO: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Alfenas-MG.

TELEFONE: 35 32991000

PESQUISADORES PARTICIPANTES: Keila Bossolani Kiill, Márcia Regina Cordeiro

OBJETIVOS: Esta pesquisa tem como objetivo compreender como as representações visuais influenciam a aprendizagem de conceitos químicos centrais; desenvolver materiais para o ensino de Ligações Químicas e avaliar o potencial destes materiais para promover a compreensão significativa da ligação química.

JUSTIFICATIVA: Considerando que o ensino de Química se constitui de muitos conceitos abstratos, é reconhecido que as representações visuais podem auxiliar o aluno na compreensão conceitual. Sendo assim, considera-se de fundamental importância a utilização de imagens no ensino, pois estas podem representar o conhecimento químico, relacionando os aspectos macroscópico, submicroscópico e simbólico.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: Nesta pesquisa, os sujeitos serão estudantes de Química matriculados em Química Geral da Universidade Federal de Alfenas e University of Arizona. Inicialmente os estudantes participarão de uma entrevista para levantamento de suas opiniões e concepções a respeito do tema forças intermoleculares. Em seguida, serão desenvolvidos materiais visuais, os quais incluirão múltiplas representações visuais, com o objetivo de representar as dimensões do conhecimento químico, auxiliando o estudante a compreender os diferentes modelos de ligação química. Posteriormente, será realizada uma avaliação do potencial destes materiais para auxiliar o aluno no processo de aprendizagem. Para avaliar esses materiais, serão realizadas entrevistas com os estudantes para discutir e analisar o material produzido.

A partir da avaliação dos estudantes, serão realizadas análises que permitirão uma reflexão acerca do material elaborado e também um retorno aos estudantes participantes.

RISCOS E DESCONFORTOS: a pesquisa oferece riscos mínimos ao sujeito à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer fase decorrente da execução. Em relação a isto, não existem danos associados ou decorrentes da pesquisa. Em consonância com os princípios da resolução, tudo será desenvolvido a partir do consentimento livre e esclarecido assinado pelos sujeitos da pesquisa ou pelos pais destes, quando

aplicável. A firmação se diz respeito ao esclarecimento estabelecido no consentimento livre e esclarecido, observando a autonomia, liberdade e privacidade dos indivíduos, no esclarecimento da participação voluntária dos participantes, das informações dos objetivos e uso das informações obtidas na pesquisa.

BENEFÍCIOS: A pesquisa possui relevância social, pois poderá auxiliar professores atuantes e em formação a desenvolverem suas práticas baseadas no uso de recursos visuais, o que muitos trabalhos afirmam ser importante no processo de ensino e aprendizagem.

CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE: Não haverá nenhum gasto com sua participação. As consultas, exames, tratamentos serão totalmente gratuitos, não recebendo nenhuma cobrança com o que será realizado. Você também não receberá nenhum pagamento com a sua participação. Relembrando, sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Os dados pessoais serão mantidos em sigilo, bem como as respostas obtidas através da pesquisa serão utilizadas apenas para alcançar os objetivos do trabalho, expostos acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada.

Assinatura do Pesquisador Responsável: _____

Eu, _____ (**NOME DO VOLUNTÁRIO(A)**), declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pelo pesquisador(a) – _____ (**NOME DO PESQUISADOR(A)**) – dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em participar da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Poderei consultar o pesquisador responsável (acima identificado) ou o CEPUNIFAL-MG, com endereço na Universidade Federal de Alfenas, Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3299-1318, no e-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e minha participação no mesmo. Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

LOCAL E DATA: _____, ____/____/____ (nome da cidade, data, ano)

(Nome por extenso)

(Assinatura)

(NOME E ASSINATURA DO SUJEITO OU RESPONSÁVEL (se menor de 21 anos)):

APÊNDICE 9 – Transcrição das entrevistas realizadas na etapa de levantamento das concepções

Estudante 1

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe when we mix water and carbon tetrachloride?

S. Ah, the carbon tetrachloride is on top of the water, they don't mix very well.

I. Why do you think they don't mix very well?

S. So, the carbon tetrachloride has, according morning class, is nonpolar, maybe more dense.

I. Why do you think that the carbon tetrachloride is non polar?

S. Because it has one carbon and has four chlorides and the electrons are more (...) dispersed chlorine (...) one direction, so make sense. So, I don't know how would affect they don't mix.

I. And about the water?

S. The water is polar.

I. Why do you think the water is polar?

S. Because the hydrogens, the electrons are more dispersed of oxygen, because oxygen has higher electronegativity. I think that maybe that's why they don't mix probably because the, there's no way for the carbon tetrachloride interact with the hydrogen but the water molecules, ... dispersion forces but it's not configuration.

I. Why do you think that polar and non polar substances don't mix?

S. Carbon tetrachloride is a larger molecule compare the water, and the carbon tetrachloride is larger and only under dispersion forces, yes dispersion forces to mix with water, because there's smaller and more attract itself, more attract (...) each other the water versus mixing carbon tetrachloride ...itself.

I. Do you think that there isn't any interaction between water and carbon tetrachloride?

S. I think is a little bit ...between two substances here...But is not, I think is insignificant. It's make sense like, they don't react with each other....maybe interact the molecules it selves , they don't mix very well.

I. Do you think this system release or absorb energy?

S. I think may, absorb energy. If it one or two, because I don't think any energy interaction absorbed or released, because they don't mixing...

I. But if I to say for you that this process release energy and water and carbon tetrachloride have a strong interaction, what do you would say?

S. So if they do have a strong interaction, they do have strong interaction I was to say that, I'm not sure, they would be hard unmix than if try every....raise the temperature, maybe...mix more, I'm not sure how is strong interaction in fact because I imagine strong interaction they will mix more. Forces hydrophobic and

I. Do you know the name of the intermolecular forces between water and carbon tetrachloride?

S. So, the intermolecular forces being...absorbing are dispersion, because there is no H-bonding maybe, like induce dipole now...I think, I think is just dispersion.

I. Ok. And what substance is in the upper phase and the bottom?

S. I believe that carbon tetrachloride is here (top) and water is here (bottom).

I. Here we have some data. (density)

S. Oh. Density of the water... Ok. The carbon tetrachloride should be in the bottom. The carbon tetrachloride should be in the bottom, what make sense because the large molecules so, has a large density, so that make sense.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe in this system?

S. So, the iodine only dissolved inside of the carbon tetrachloride.

I. Only? And in water? What do you think?

S. The water changed color.

I. Do you think the iodine was dissolved a little in water or no?

S. Are happen so little bit, it changes the color, but definitely not the same as here (point the bottom), definitely is not the same in the carbon tetrachloride because don't changed color equal here...

I. Why iodine is more dissolved in carbon tetrachloride than in water?

S. I think it's is more dissolved like, dissolved in carbon tetrachloride is easier, I'm not sure... (não entendi) I think that's, I think that's.... molecular formula that, just I know maybe where atoms were reacting....were its interact because that... back down again to don't water, just its attract each itself more that's ...like I said before changed color also I'm sure something inside the water now, that may have changes the composition of the solution.

I. Is Iodine polar or non polar?

S. Iodine...is non polar because of water don't absorbing it, I think it could be non polar.

I. Why?

S. Ann..Because it's join,... same thing but it's only mixing with the carbon tetrachloride.

I. And water? Is there any interaction?

S. Seems like the bottom, carbon tetrachloride mix with iodine here...that seems either or more dense so unmix. Maybe the interaction could be less strong, because it has a, has a bobble here and...so maybe that changed something, maybe choose

something maybe choose forces between two substances ... weaker? or stronger? I'm not sure.

I. If water is polar, why iodine was dissolved in water a little? Because the iodine is non polar.

S. Maybe the reaction that have done here was to break, break up some smaller molecules, maybe there's like, I'm not sure, unmix with iodine again, but maybe broke something and that some ...in the water... unmix in the water. I wish I know, hydrogen or something maybe broke up in now unmix in the water or its react with water differently.

I. Do you know the name of the interaction between iodine and carbon tetrachloride?

S. The name of the interaction ...an...I don't know the answer.

I. And the name of the interaction between water and iodine? What the Intermolecular forces?

S. The intermolecular forces, ok, so the intermolecular forces here, aaa, I wish I know I ...I'm so sorry. I know carbon tetrachloride, CCl_4 and H_2O , here ...with something broke off they could be then dispersion forces, dipole-dipole forces, and could be H-bonding...I think there's ...first two force in the molecules....polar and dispersion forces and dipole-dipole forces. Than here aaa...the same thing, maybe, maybe carbon tetrachloride and iodine interact way the affects the molecules and maybe polar and...

I. Do you think this system release or absorb energy?

S. I think it absorb energy, ...reaction, but I guess to react and to absorb energy but then in this stable stay and released energy together, so... release energy to break bonds if you broke bonds or absorb energy to do that, so I think that's, I think this system so as released energy.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe in this system?

S. I think so... have one strong color each substance to...Almost dissolve in, almost like jello now. I push down...I don't know how react ...yet definitely, more soluble in the less..No color changed, a little bit color change in the water, not much, and no color changed in carbon tetrachloride.

I. Why do you think the copper sulfate is more soluble in water?

S. Water, I think that's... CuSO_4 ...ann... Well, there's oxygen bonds, there aaa, there we, there, here there a lots for more intermolecular forces between these two substances, and dissolve a little bit ann, there for h-bonding on the oxygen, ann.

I. And in the bottom phase, the copper sulfate was dissolved?

S. Ann, in the bottom one?

I. Yes!

S. It wasn't dissolved, it just ...really, I cannot explain why.

I. How do you think that happen the interaction between water and copper sulfate?

S. How do I think this interaction happen...So...I guess not necessarily dissolve in the water, I'm not sure if would unmixed to ... they ...actually moves...It's seems in the water so too larger molecule but lowest compare with tetrachloride.

I. What do you could tell me about the chemical bonds in this substance?

S. So, chemical bonding aaa, in the copper sulfate is ... CuSO_4 , It go...I believe that it also be non polar.

I. Non polar?

S. Correct...No...No...I'm just...It would be polar, definitively polar.

I. Why do you think it is polar?

S. Ann...Because there is four parts of oxygen, the way constructed in my head is copper and sulfur and four oxygens and were imagine is dipole moment in...in torn of the sulfur is..its gonna be this like, building structure in my head its like...

I. Can you draw?

S. Yes... (student draw). So...I ... Cu, S andI think that's try and the electrons, cooper, I'm not sure the same because it is a metal...I'm not sure that's the same... That may be the...I'm not sure....It could sure...maybe...I don't know.

I. Is this a molecular substance, ionic, covalent or metallic?

S. It is, Ionic could be, I think is a molecular substance. Maybe cause this (poiting). I'm not sure...

I. In water this substance dissociates. How happens the interaction between water and this substance?

S. Interactions could be absorbed between this two substances...it has H-bonding here, this is polar...and I'm not, this is polar is way a only because, I'm not sure, what the make up the coppers, I'm not sure the electronegativity its could even be this.. make more polar, ...definitely be a dipole-dipole force but there's dipole-dipole force anyway because this two are polar. The interaction is strong and there's dispersion forces. So, they would mix well, but I, they would dissolve...just be whether by water is the...

I. Do you think that polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. I don't think the polarity always has direct effect of solubility because if... for example, polymer...I think about that actually, if...I would say ...no because, because its chemistry there's never only one answer. I would say no because maybe a smaller molecule what....something like that, does...maybe does unmix, does unmix. I'm not sure the polarity always affects, ...could, it doesn't somethings... but I don't know... because in this molecule its gonna...O my gosh...I'm so sorry. In this molecule the water contact here...Its gonna mix but its not ... its not mixing probably...I'm confuse because absorbed some different...should be..So thus mixing has does polarity have direct

affect mix. In most cases I think this but no, I don't think has direct affect.

Estudiante 2

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon

Tetrachloride

I. What do you observe when we mix water and carbon tetrachloride?

S. Ann, well, it's true looks like they don't mix.

I. Don't mix. Why do you think they don't mix?

S. Ann, probably because water is very polar and it's gonna be with other water molecules and carbon tetrachloride is non polar. Ann, and doesn't have a strong interaction the water does itself.

I. Why do you think that the water is polar?

S. Ann, because oxygen has a greater electronegativity so ... hydrogens because hydrogens has lower electronegativity, and mix, overall, electrons to be should to works, oxygen mix have polar regions.

I. Ok. And about the carbon tetrachloride. Do you think it's non polar? Why?

S. Because, if you draw the molecule, it would be a carbon with three chlorine..

I. You can draw.

S. Ok. Thank you. (Student draws). Oh...Actually it would be a, over, because it have a tetrahedron shape, because there's a, no bonds ...electrons there.

I. Here is CCl₄! (The student drew wrong).

S. Oh, tetra, I'm sorry.

I. Okay. It's non polar, because your geometry. Explain to me!

S. This vectors will be canceled...

I. Ok. And why do you think polar and non polar substances don't mix?

S. Ann...Because, I think is a lot do if, its like other shape and is easier for water to interact with other water because there's more water molecules around then and system all polar, the dipoles moments more

stronger each intermolecular forces with each other, whereas the chlorine is don't with the tetrachloride doesn't interact as strongly with water and interact more stronger with itself, because of dispersion vectors.

I. Okay, but in this system, do you think there isn't any interaction?

S. Aaa..I don't think so they look pretty well separate...I think is no any interaction between two substances, I think I mean there is some interaction, but I think the interaction is stronger to itself.

I. Do you know which are the important characteristics of the molecules for that they mix?

S. Aa.. It would be structure of the molecule, the polarizability of the molecule, the intermolecular forces.

I. Do you think this system release or absorb energy?

S. Release or absorb...this system...Aaa I think lowest energy state when they're separate it. So few into makes have to break energy into..into absorb energy.

I. But If I to say to you that this process release energy and water and carbon tetrachloride have a strong interaction, what do you would say?

S. Aaa...I don't think that would make sense. Because if you mix a way, they would separate.

I. Ok. And do you know the name of the intermolecular forces between water and carbon tetrachloride?

S. It would be dispersion forces and, aaa, dispersion forces and could have a H-bonding between the hydrogen of the water and...oh no! they don't have h-bonding, just dispersion forces.

I. Ok. And what substance is in the upper phase and in the bottom? We have some data here.

S. Ok. So, carbon tetrachloride is more dense, I think the over substance.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe in this system?

S. Ann, oh that, the iodine isn't interact with water...I mean the this, but not strong, isn't dissolve like the iodine react with carbon tetrachloride.

I. Ok. And with the water? Is there interaction?

S. Yes, there is interaction, but I don't think, there is not clear anymore.

I. You can compare! (two cylinders)

S. Ok, yes, it's definitely, yes, definitely interact with both.

I. Ok. Why do you think that the iodine interact more with carbon tetrachloride?

S. Ann, well...

I. Iodine is I₂. This molecule is polar, non polar...

S. Ok. Ann. It's a non polar.

I. Non polar.

S. Non polar.

I. Why?

S. Ann, because it's just itself, It's just iodine, just non polar.

I. Ok. But if iodine is non polar, why it was dissolved a little in water?

S. Ann, because of dispersion forces.

I. Dispersion forces. Okay. Do you know the name of the interaction between iodine and carbon tetrachloride? (IMFs)

S. Aa..It would have dispersion forces.

I. And for the water too?

S. Yes.

I. Ok. Do you know tell me about the energy of this system, it release or absorb energy?

S. Ann, I think it released energy cause I had mixed. Just... energy stay and don't little unmix...

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe in this system?

S. Ann, it looks like the copper sulfate dissolved in the water but not in carbon tetrachloride.

I. Why do you think this happen?

S. Ann, probably because copper sulfate is polar... wait, no, it's an ionic compound. Copper sulfate is CuSO_4 ... How many bonds do you can see because is very...

I. What happen with this substance when you add it in water? How is the interaction?

S. Ann, intermolecular forces between then or..

I. Yes!

S. Ann, well, dispersion forces and ... apparently is a polar molecule, dipole-dipole interaction.

I. You said this one polar substance... Why?

S. Ann, well, because I can't think of ... The vector are canceled.

I. What do you could tell me about the chemical bonds in this substance?

S. You have ...

I. This is molecular, covalent, ionic...

S. Ann, it should be, well, maybe it is ionic because a metal, copper is a metal, so like a ... sulfur is covalent bonds, so.....

I. And when you put this substance in water, what happen with this substance? How it interact with water?

S. So, it would be covalent bonds.... (inaudível) .. This break a part that....

I. Do you think that this process release or absorb energy?

S. I think it released energy.

I. Release. Ok. Why?

S. Because I guess to get lowest energy state... mix and come back

to separate it. The first happen just the water and copper sulfate lowest energy state...

I. And why the copper sulfate doesn't was dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann, probably its gonna be a polar, polar interact with polar.

I. And, concluding, do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. Yes.

I. Why?

S. Well, its polar substance here interact with polar substances and non polar substances interact with non polar substances and then yours expect to they polar molecules into... changes how interact with substances.

Estudante 3

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe in this system?

S. So, just to be some sure, dilution between likely, I don't know... its a bobble? (interface) but something that's... different.

I. These substances mix or don't mix?

S. Ann, unmixed.

I. Unmixed. Why do you think that they don't mix?

S. Because it look likes there's two different is separate by this... thing that determine unmixed. I can't, but it tell, but their... come clear, so just so mean because of this they are unmixed.

I. Okay. And about the characteristics of this substances, water and carbon tetrachloride.

S. Ann, I don't remember the name clearly, what than seem pretty, no in this case ... anyway I can't you tell what characteristics.

I. And about polarity?

S. Water is a small polar molecule and carbon tetrachloride is a non polar greater molecules.

I. Why do you think that water is polar?

S. Because it has one oxygen atoms and two hydrogens atoms and there were surrounded and it has a dipole moment.

I. Okay. And about the carbon tetrachloride.

S. Ann, it's non polar. I think it's non polar because...

I. You can draw.

S. Ok. Ann.. (student draw). I will see the actually the geometry is non cleaner here, it's a tetrahedron, but, the net dipole moment there is no, it's non polar because ...

I. Don't have dipole moment? Why?

S. Because if you look at the molecular geometry and them, draw the dipole vector moments, they will cancel out.... To apart with each other, cancel out and other two are cancel out so, it is non polar.

I. And water is polar because...

(Student draw)

S. So, there is dipole moment here.

I. Why do you think that substances polar and non polar don't mix?

S. Ann, in part is because these are large molecules and this is small and because a small polar molecules has will be tend to spend more time next with each other, ... then ... you was a little mix, its separate all because a you are more stable and energetically stable through water molecules next with other and the carbon tetrachloride molecules is next each other.

I. Okay, do you the name of the intermolecular forces between these substances?

S. So, carbon tetrachloride has dispersion forces, water has dispersion forces, but also has dipole-dipole interactions as h-bonding.

I. Okay. And between these substances?

S. Dispersion, just dispersion.

I. Okay. Do you think there isn't any interaction between water and carbon tetrachloride?

S. Well, like, where be mean there is interactions between them.

I. Okay. Strong or weak?

S. Strong! It's strong because dispersion is strong. But... just it.

I. Okay. And what substance is in the bottom phase and what is in the upper phase? We have data here.

S. Ok...the carbon tetrachloride is in the bottom and water is on the top, because wherever is more dense became in the bottom.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe?

S. Ann, the carbon tetrachloride turns purple.

I. Why? Why this happen?

S. I'm not sure.

I. The iodine was dissolved in carbon tetrachloride?

S. Does iodine dissolved in carbon tetrachloride?

I. Yes

S. Okay. Ann...I think the iodine make change color.

I. And water, do you think that this substance, iodine, was dissolved?

S. No in water.

I. No?

S. Oh...Maybe a could be pretty... just not be here...

I. You can compare! (two cylinders)

S. Ok. Maybe a little bit, yet.

I. Why iodine is more dissolved in carbon tetrachloride than in water?

S. It's because, Ann...it's just I2?

I. Yes, I2.

S. Ok. So that also is non polar molecule.

I. Non polar? Why?

S. Because when reduce a diatomic molecule...is non polar. So mean of corner...to do pretty? or given... make sense...iodine to dissolve with the carbon tetrachloride and not in water. In other is just a little bit in water, so I don't know.

I. But if iodine is non polar, why it was dissolved a little in water?

S. I'm not sure the exact size of molecules...

I. Size of iodine?

S. Maybe the iodine is smaller than carbon tetrachloride or...I don't know.

I. Okay. Do you know the name of the intermolecular forces between these substances, iodine and carbon tetrachloride?

S. Just dispersion.

I. Dispersion. And in the top, between water and iodine?

S. Only dispersion well..

I. Only dispersion, okay. And what do you think, this system release or absorb energy?

S. Ann, I don't know. I understand it has been one to because their color changed and I blended yet. I don't have any previous experience....

I. I forgot to ask you about this system, water and carbon tetrachloride. Do you think that this release or absorb energy?

S. Can I to say neither? I don't know.

I. Okay, let's go to add copper sulfate.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe in this system?

S. It dissolves in the water and not in the carbon tetrachloride.

I. Okay. Why do you think that this happen?

S. So, I'm not sure.

I. Why this substance was dissolved in water and not in carbon tetrachloride?

S. That's a polar and copper sulfate is polar.

I. Why do you think it is polar?

S. Ann, because don't mix with carbon tetrachloride but it would with water because its polar, ...like just be bigger molecule don't reason...break down...why would mix the water is definitely be polar, we would have different types of intermolecular forces, dipole-dipole forces.

I. And about chemical bonds in this substance, copper sulfate. What kind of chemical bond have, ionic, ...?

S. Ionic.

I. Ionic. And what happens when you add ionic compound with water?

S. The ions are separate, dissolved.

I. Ok. Draw to me.

(Student draw).

I. Ok. And these ions, how these ions interact with water molecules?

S. I imagine be...anions with be attract to hydrogens the water and maybe the cations to be attract to oxygens.

I. Ok. Do you think this process release or absorb energy?

S. Absorbs.

I. Absorb. Why?

S. If like to, when it dissolves and separates, to separates these ions each other its takes energy to separate than attract, its takes energy too. It's to separate or to attract.

I. Okay. Do you think that polarity of substances always affects the solubility of these?

S. Ann, I don't think "always", because never say "always". But I think, it has a relevant, it's a relevant factor.

Estudiante 4

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon tetrachloride

I. What do you observe in this system?

S. In this system,...carbon tetrachloride, the carbon tetrachloride one to the bottom, and the so even the put water first the carbon tetrachloride is on the bottom and the water is on the top. They

don't mix. So, this is a polar compound and water no attract ...non polar compound as a polar compound they are not gonna mix.

I. Ok. They don't mix. Why do you think they don't mix?

S. So, what they get ...carbon tetrachloride is a non polar and water is polar. They're gonna, they interact, but water is gonna interact more with itself than carbon tetrachloride. So we see here water's

attract more with itself and here carbon tetrachloride interact with itself more.

I. Why do you think that the water is polar? Can you explain to me?

S. It is polar.

I. You can draw.
(Student draw)

S. If you see here water is not symmetrical, is this symmetrical but gonna like...it's a but more intermolecular force is, the dipoles

cancel out. The dipoles cancel out and in this form they don't are cancel out. So the dipole, the dipole moments don't are canceled in this form.

I. Okay. And why do you think that polar and non polar substances don't mix?

S. They don't mix? Aaa...they don't mix because, a polar, a polar compound almost likely interact more with another polar compound, so this polar attract itself more, so a more number of configurations, than interact with itself.

I. Configurations. Okay. Do you think that this system release or absorb energy?

S. Ann...So, if is exothermic and endothermic...

I. Yes!

S. So, when they are unmixed are fell...coming on, but aren't fell he this in came hotter...So, its temperature, I think it's gonna be, potential energy is goes dawn. I think it's gonna be endothermic.

I. Endothermic, why?

S. Because potential energy goes dawn and so therefore, kinetic energy goes down... and endothermic absorb energy.

I. Okay. But if I to say for that this process release energy and water and carbon tetrachloride have a strong interaction, what do you would say?

S. So, what I think if it's exothermic?

I. Yes!

S. So, if it was exothermic, they don't mix, that means so, the potential energy is going up, therefore cannot energy is also water.

I. Which characteristics are important for two substances to mix?

S. Aa...well, if they mix, potential energy would goes down, make the more energy stable, usually like dissolves like, so if there both polar or both non polar, then most like mix.

I. Okay. Do you think there isn't any interaction between these substances?

S. No, there is.

I. Is there?

S. There is, is just water interacts with itself more strongly.

I. Strong or weak interaction?

S. Strong, but I believe that the water interact with itself more.

I. Okay. Do you know the name of this interaction, the intermolecular forces between these substances?

S. Aaa, it's gonna be dispersion, there is hydrogen bonding.

I. Okay, hydrogen bonding between water molecules.

S. Oh yeah, between water, now between these two..

I. Yes!

S. Oo, between these two, there is no, we can, no, can hydrogen bonding...

I. What interaction there is..?

S. Water itself, is hydrogen bonding, but....

I. What the name of the intermolecular forces between these two substances?

S. Ooh, I'd say dispersion and, I'd say, I think there is dipole-dipole just between two polar. This is non polar, so, non dipole-dipole.

I. Okay. Now we go add iodine in the first cylinder.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. Ok Luiz, what do you observe in this system?

S. The iodine is interacting more with the carbon tetrachloride.

I. Why?

S. Why? Well, I guess if use the like dissolves like.

I. Iodine is non polar or polar?

S. Non polar. And the...

I. Okay. But, why iodine dissolves a little in water?

S. It is soluble in water?

I. Yes!

S. Okay...Aann...Well, can you do the question again?

I. If iodine is non polar, why it was dissolved in water?

S. Ooo...It's just iodine...

I. Iodine is I2.

S. Iodine I2, so just I2...well.....(silence).

I. Why it dissolve?

S. I don't know.

I. Okay, do you think this system release or absorb energy?

S. I think it.. (student draw)...I think is endothermic, because...more energy to break, to break the bonds, to break more bonds, so like this to broke bonds ...to more energy than to form bonds.

I. Okay. Do you the name of the interaction between these substances?

S. Sorry?

I. Iodine and carbon tetrachloride, what the name of this interaction?

S. Ahh, just dispersion.

I. Just dispersion?

S. Ahh...Yeah, they're both non polar, so they can't hydrogen bonding because no H2.

I. And about the water, water and iodine? The name of this interaction.

S. Water and iodine, dispersion, no h-bonding, no dipole-dipole.

I. Just dispersion. Okay.

S. No dipole-dipole and just dispersion...

I. Okay. Let's add copper sulfate in the second cylinder.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe in this system?

S. I think are...but like at first, at first there was just with water...clear...So, therefore, copper sulfate is interacts more with the water than with carbon tetrachloride.

I. Why?

S. So, its like...(Student Draw). It's gonna be...This is an ionic bonding?

I. Yes.

S. You can use hydrogen bonding or, or like dipole-dipole or dispersion to explain, cause of covalent bonding use this to explain but not to ionic...So they were explain...just they form to ions, so these are copper ions and the sulfate just mix with the water.

I. How the interaction between these ions and water happens?

S. Sorry?

I. How is the interaction between water and these ions?

S. I guess you could say soluble...not all of it...but it's a little bit soluble...so there....Because there is some in the bottom. So, not strong..

I. Water is polar...there is a part positive and a part negative. How is the interaction with the ions?

(Student draw)

S. So, the copper interacts with the oxygen and the sulfate with the hydrogen.

I. Okay. What is the name of the interaction, intermolecular forces between these substances?

S. I... guess... I just talk....you don't use this with Ionic bonding...so

what type of intermolecular forces...Just ionic? I guess...

I. Okay...Why this substance doesn't mix with carbon tetrachloride?

S. There's no charge, so...the electronegativity so well I think water's like to polar more... I just too small of, it doesn't have charge. This has charge, so like ...charges, and this doesn't have charge.

I. Do you think this process release or absorb energy?

S. Okay, so...Endothermic cause I'll with forming bonds...I think so just break, sulfate you bond broken and more bonds form. This is like ex..... so...I say endothermic.

I. Okay. Last question. Do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. No, because this, we have polar and non polar...Ohh wait...humm...cause if you mix ...cause is polar...what's turn...Yes...

I. Why?

S. Because like here, non polar compound therefore non charge, it couldn't we see like here, but it's a non polar.. very mixing.... So just the break the bonds and no charges, and polar it has charges, partial charges, ...to break the bonds in ions.

Estudiante 5

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe in this system?

S. You get see like how, it's separate, but they don't mix.

I. Why do you think they don't mix?

S. Because this maybe non polar...and don't dissolve in water...carbon

tetrachloride...yeah..yeah...So there's no hydrogen bonding, I don't know, between the water and carbon tetrachloride.

I. The water is polar or non polar?

S. Polar.

I. Polar. Why do you think that the water is polar?

S. Because it has partially, it has partial charges and the oxygen is partially negative and hydrogen is partially positive.

I. And about the carbon tetrachloride?

S. Ann...Carbon tetrachloride, it has a carbon and four chlorines to the side.

I. You can draw.

S. Yeah, ok, so there's a carbon and cl's and when the electronegative, like charges, this is how big...I can't remember...which is more electronegative?

I. I don't know!!!

S. Well, its like goes (student draw), like that,and the vectors cancel each other. So there's no partial charges.

I. Ok. And water?

S. And water (student draw)... So, like that, one, two, three, okay. And the vectors don't cancel each other in this smaller, I can't remember...This is more negative part and this is more positive.

I. Okay. Why do you think that non polar and polar substances don't mix?

S. Ann...how I remember, it's like mixes like...like substances how to similar properties. Mix with substances how to similar properties And this process how like any charges, maybe that, I don't know...any partial charges is more difficult or less like for this to interact with each other, but maybe its polar, water to interact with itself, it has partial charges.

I. Do you think there isn't any interaction?

S. I don't know, It's really strange, because if like, it's looks like separate...I don't know, maybe...What do you think?

I. Okay...Do you think that this system release or absorb energy?

S. I think it's unmixed, (student draw), wait, it's okay, separate, Its absorbs, I think absorbs energy.

I. Why?

S. Well, cause if it's unmixed, the unmixed...is a higher potential energy, that the., I don't know ...

I. Okay. What substance is in upper phase?

S. Which is less dense.

I. We have some data here!

S. Ohh okay...So, the carbon tetrachloride is on the top. Ohh wait no, the water is on the top. Water is on the top. Yeah...

I. Do you know which are the important characteristics of the molecules for they mix?

S. I mean like this, density, polarity...

I. Okay. Lets go to add copper sulfate.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

S. Well, it's so cool.

I. What do you observe in this system?

S. I see the....the iodine mixes with the water.

I. Water?

S. Wait!! With the....No...with the carbon tetrachloride.

I. Why do you think they mix?

S. Ann...Honestly I don't know...

I. The iodine is polar, non polar...?

S. Oh...it is non polar. Seems like mix like. But I don't know.

I. Do you think the iodine was dissolved in water?

S. Yea...it is like mix with the water, to make the, yea... Wait...wait...it's non polar...non ...its polar!

I. Iodine?? Iodine is I2....Two atoms of iodine. Its polar or non polar?

S. Its non polar.

I. Non polar. Why?

S. Because there's no difference of electronegativity, so, there's no difference of electronegativity.

I. Okay. But if iodine is non polar, why it was dissolved in water? Because water is polar!

S. Yea...ann...I don't know. I mean the water is the...dissolved so, I don't really know.

I. Do you know the name of the interaction between the iodine and carbon tetrachloride? Intermolecular forces?

S. Between iodine and carbon tetrachloride? No, but like with each other together.

I. The name of the intermolecular forces!

S. Ooh...there's gonna be, dispersion and...Yeah, dispersion.

I. I forgot to ask. About the water and carbon tetrachloride? What the name of the intermolecular forces?

S. Ann...Dispersion and possible dipole-dipole. But no hydrogen bonding because there's no oxygen or fluorine in the carbon tetrachloride.

I. Okay. This system, do you think, release or absorb energy?

S. I don't know. I don't...It's, it's released energy.

I. Release? Why?

S. Ok. I don't, actually... truly thing or absorbing, but it when, when it mixes, it lowest the potential energy. I don't know...

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now, what do you observe?

S. I see the copper sulfate sinks to the bottom system. But it does, it can mix with the, with the water, a little bit, because changes the color. But it's the most than of the three, because it's on the bottom.

I. Okay. Why do you think this compound was dissolved in water?

S. Ann...because it's, it's polar and because it could, it's likes between the copper sulfate and the...it's the formula?

I. Yes...you can use only this (CuSO₄).

S. It has, it has high potential to like hydrogen bonding with water.

I. Do you think this substance is polar?

S. I don't know. (student draw)..... I don't know, I just so seem, but maybe polar...

I. And about the chemical bonds in this substance, this substance is ionic, covalent? What do you think?

S. Ann...do you have a periodic table?...ok, so, it's

CuSO₄...Ann...I think its ionic because it's a non metal and a metal.

I. Ionic?

S. Yes.

I. Ok, what do you think that happens when one ionic compound is in contact with water?

S. It's, ann...I don't know. It's likes...

I. The water is polar. How water interact with the substance?

S. I think... it create likes a hydrogen bonding the oxygen, maybe, and because to mix or probably interact more...Yeah..

I. And why this compound is not soluble in carbon tetrachloride?

S. Because it's, carbon tetrachloride is non polar and copper sulfate is polar. So, it's likes don't interact with each other.

I. And do you know the name of the intermolecular forces in this phase?

S. Ann...I'd say dispersion because the ..dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.

I. Okay. Last question. Do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. I think the polarity does affect the solubility of the substances, because ...Yeah.

I. Always affect?

S. I don't know if always, maybe some times...I think there's exceptions.

Estudante 6

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. First question, what do you observe in this system?

S. Ann...Carbon tetrachloride was absorbed in water. So, looks like there's a separation.

I. Okay. Why do you think these substances don't mix?

S. Ann, carbon tetrachloride is more dense, so it like raise more.

I. And about the polarity?

S. Well, they main have like the same charge and that they don't want stay together.

I. Carbon tetrachloride is polar or non polar?

S. Ann.. polar, no!! Non polar. Because water is polar.

I. Why do you think carbon tetrachloride is non polar?

S. Well, water is polar, so if carbon tetrachloride was polar than, it with on, with the different parts the water.

I. Why do you think the water is polar?

S. Ann, because oxygen has, has six valence electrons, so it wants more,

it's, it wants a hydrogen and they mix, the oxygen negative and hydrogens is positive.

I. And about the carbon tetrachloride, how do you explain that this molecule is non polar?

S. Ann, I don't know other, because it's doesn't mix with water...

I. Okay. Do you know the geometry shape of the carbon tetrachloride?

S. It's gonna be a tetrahedron.

I. If you want to draw...

(Student draw)

I. CCl₄.

S. Yeah. So, it will be tetrahedron like that.

I. Tetrahedron, ok. This geometry shape has a charge in some part?

S. Well, I don't think so.

I. Is there dipole moment?

S. Yeah, so, it would go like that but it would be gives its electrons to carbon, and so chlorine would be so more positive.

I. Okay...Why do think that polar and non polar substances don't mix?

S. Ann, there's no clearly reason but I'm to, because the neutron is happening oxygens like there's no reason but changes charge because that, I think..a lot of necessary energy spent

I. Okay. Do you think there isn't any interaction between these two substances?

S. No, I don't think so.

I. Do you think that they release or absorb energy?

S. Ann...Absorb.

I. Absorb? Why?

S. Maybe because they are ... separates, ...that have to keep closer together itself.

I. Do you know the name of the intermolecular forces between these two substances?

S. Ann...Intermolecular forces...Just covalent bond, in most cases will be dipole-dipole or dispersion forces.

I. Dispersion?

S. Dispersion.

I. Okay. Now we go to add a small amount of iodine.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe in this system?

S. Ann...iodine maybe change color to purple and it looks like bonding...it stay with carbon tetrachloride. It's dissolving a little bit in the top.

I. Okay. Why do you think this happen, the iodine was more dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann, maybe because it just interact more strongly with the carbon tetrachloride than with water

because ..I don't know, maybe it just...

I. The iodine is polar or non polar? I2?

S. Ann...maybe non polar.

I. Non polar? Okay...And if iodine is non polar why it was dissolved a little bit in water? Because water is polar. If you compare....

S. Ann...Well, it maybe cancel bond with the water even...always to...Maybe iodine is just likely soluble in the water.

I. Iodine is a big or small molecule?

S. Ann...bigger.

I. And this influences something in the solubility?

S. A little bit, I think because it is bigger than, there's ...well.. water, attract itself.

I. Iodine is more soluble in carbon tetrachloride. Which characteristics are important to substances mix?

S. I think it's, I means another valence electrons they have, so wheter H-bonding they would... and maybe its like polarity I guess.

I. Okay...Do you know the name of the interaction between these substances, iodine and carbon tetrachloride? Intermolecular forces...

S. Ann, I guess it is just dispersion.

I. And about the upper phase, the name of the interaction the water and ...

S. Hydrogen bonding, dispersion forces..

I. Do you thing this system release or absorb energy?

S. Ann...Probably release, because when iodine interacts with the carbon they get closer together, and so that decrease this potential energy .

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now, what do you observe?

S. Ann... so its soluble in the water but not in the carbon tetrachloride.

I. Why do you think this happen?

S. I think maybe because the copper sulfate maybe it is, it could be polar,

which means it interact more strongly with water and, maybe just because...

I. Why do you think that this compound is polar? CuSO4...

S. Ann..So...Well, the copper and sulfur are, they are... (student speaks very low)

I. What do you could tell me about the chemical bonds in this substance?

S. Ann...In the copper sulfate?

I. Yes! Ionic, covalent?

S. It could be...I think ionic.

I. Okay. And what happens when you mix water with ionic compounds?

S. Ann...well, they would cancel bonds, because ionic compounds, they have some charges and so then, ?? that mean they do bond with the water...

I. How do you think this substance interact with water? Water has a charge positive and negative..

S. Ann...well, I would say I think copper sulfate is positive, so it interact with the negative water with hydrogen bonds.

I. You can draw this to me.

S. Ok.. so...(student draw). If this copper sulfate than with the bond with the like hydrogen positive the like water so...h and oxygens like that...

I. Do you the name of the interaction between the water and copper sulfate?

S. Ann...well, dispersion forces and maybe dipole-dipole.

I. Okay..And this system release or absorb energy?

S. Ann..it would release because they're gonna, well, they're gonna be closer. I think so release energy.

I. Okay. The last question. Do you think that the polarity of the substances always affect the solubility of these?

S. Yes...No...because the carbon tetrachloride is polar and so interact with iodine.

Estudiante 7

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. The first question. What do you observe in this system?

S. Ann...It looks like they don't mix in the all...So I think that the carbon tetrachloride is insoluble in water.

I. Why do you think they don't mix?

S. Ann, well, generally likes the carbon tetrafluoride because like, like structure...like the structure of fluorine probably strong they not like interact but ...and so the carbon tetrafluoride likes interact with high, with water because its large polar and interact itself more than with the other.

I. Why do you think the water is polar? If you want to draw to explain!

S. Okay. (student draw). So, and then there's dipoles, this...So water would be polar likes this direction here.

I. And about the carbon tetrachloride?

I. Chlorine! CCl₄. (Student was drawing 'fluorine').

S. Ohh...

I. This substance is polar or non polar?

S. Its non polar.

I. Why?

S. Ann, because its hard to draw like three d model in space, it would., they would cancel out and there going in the structure they actually (??)...because there these two bring down ...and these two going the up to direction...

I. Okay. And why do you think that substances polar and non polar don't mix?

S. Because, water have more interactions with itself, because can do hydrogen bonding, dipole-dipole interactions or dispersion, but I guess if it interact with the carbon tetrachloride it only have dispersion, so it attract with itself more than carbon tetrachloride.

I. Okay. What substance is on the upper and on the bottom phase? We have some data here.

S. Ann, the bottom would be carbon tetrachloride and in the top is water because the carbon tetrachloride is more dense, so the water would be in the top.

I. Okay. Do you know the name of interaction between the water and carbon tetrachloride? Intermolecular forces?

S. Ann, dispersion forces.

I. Okay, and there isn't any interaction between these substances? What do you think?

S. Ann,...probably because, I think they're don't mixing in the all, just like ...so I think that because water would have a higher, a lower potential energy a higher configuration than carbon tetrafluoride, so they're...and don't make sense because since they have more interaction there be helpful together...so the water molecules would have more configuration.

I. Okay. Do you think this system release or absorb energy?

S. Ann, if they don't mix then, the system... I think that, I think they absorb energy.

I. Why?

S. Because they're not mixing. Ann, they don't mix because there is going to a lower state, a lower energy state, they don't mix ...energy, it would like, it would...there be like force energy since going to lower energy state, so release energy... I think they absorb energy...

I. Okay, let's go to add a small amount of iodine.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. And now, what do you observe?

S. It looks like the iodine is interact in carbon tetrafluoride and not in the water.

I. Why do you think this happen?

S. Because the iodine changes the color of the, of the carbon tetrafluoride and the water still means likes someone clear.

I. Do you think the iodine is non soluble in water?

S. Oh, yeah, it looks like means, actually not I see that, but no is much....

I. Okay. Iodine is polar or non polar?

S. I..non polar.

I. Non polar. Why?

S. Because its two the same and bonding together...

I. Okay, and if iodine is nonpolar, why it was dissolved a little in water? Because water is polar.

S. Ann, because, the nonpolar molecules, well, tends interacts with each other more, because the polar molecule, the water, can interact with itself a lot more than they can the non polar, mix well the carbon tetrafluoride, and so, its gonna spend more time interact with itself and so the carbon tetrafluoride and the iodine will interact more.

I. Okay, but why the iodine interacts a little with water?

S. Ann, because of the dispersion forces, they interact, they attract each other, but water prefer interact with itself.

I. Okay, do you the name of the interaction between iodine and carbon tetrachloride?

S. Ann, its just be dispersion forces again.

I. And about water and iodine?

S. Ann..the water and iodine also be dispersion forces.

I. Okay. This system release or absorb energy?

S. Ann, I think it will release energy, or non, they absorb energy..because they're no mixing well and they're no create bonds with...that is non polar..

I. Iodine and carbon tetrachloride release or absorb?

S. I think they would, they would release because the bonding....

I. And the iodine and water?

S. They would absorb energy.

I. Okay. We go to add copper sulfate now.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe?
 S. Ann, it looks like the copper sulfate is mixing with the water, but not in carbon tetrafluoride.
 I. Why this happen?
 S. Probably because....
 I. Copper sulfate is CuSO_4 ...
 S. Well...it's a polar molecule and has, its came hydrogen bonding with the water because the S...oh noo...So just because dipole-dipole interaction.
 I. Why do you think this substance is polar?
 S. Ann...like look at...(student draw).
 I. This compound has ionic bonds, covalent bonds, why do you think?
 S. Ooh..okay...it is sulfur...is ionic bond. The ions like separate actually,....
 I. But if this system is, this compound is ionic, how this compound interacts with water?
 S. Because it's an ionic compound, this interact with ionic dipole interaction.
 I. How do you think this happen? You can draw this interaction.

Water has a part positive and negative.
 (Student draw).
 S. So like the water like this and this has a negative and a positive...the Sulfur is, it break a parts...so...if SO_4 negative, so SO_4 will be here, so break...
 I. This compound is break. How the name of this parts?
 S. Ann...this would be anions and cations..
 I. Okay, do you know the charges of these anions and cations?
 S. I think that...it would be...see you can change...like transition model...no changes, but the substances just see you and SO_4 , like SO_4 has a charge like just a negative one and the positive one attract.
 I. Okay. Do you know the name of this interaction?
 S. Ann...just ion-dipole interaction.
 I. Okay, very good. Why do you think this ionic compound don't mix with carbon tetrachloride?
 S. Ann...because the carbon tetrachloride is non polar and so,

they isn't gonna interact with the electronegative and electropositive parts of the water..it doesn't interact with the non polar, carbon tetrachloride.
 I. Okay, do you know that this system, the upper phase, release or absorb energy?
 S. Ann...like would release energy, because they're attract each other, because they're gonna attract to the water molecule.
 I. And about the bottom?
 S. The bottom absorb because they don't mix.
 I. Last question, do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?
 S. Ann, always I say no, just because 'always'...some crazy scientific ...but I think that the polarity affects solubility of the substances...

Estudiante 8

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. First question, what do you observe in this system?
 S. Ann looks like the carbon tetrachloride is on the bottom, water is on the top.
 I. Why do you think these substances don't mix?
 S. Ann, water is polar and carbon tetrachloride is non polar. So I think they're just not really interact.
 I. Why do you think the water is polar?
 S. The intermolecular forces, h-bonding and dipole-dipole.
 I. Can you draw the water molecule and explain to me.
 S. So, the oxygen and hydrogen, this is positive and this is negative, so, I think, and carbon tetrachloride, Carbon, and then, Cl, Cl, Cl, Cl...(Student draw) So, this is non

polar, right, so I, it really doesn't interact, I think this come together, they just they are interact each other, but these interact them itself but not with each other.
 I. Why this is non polar? (CCl_4)
 S. Ann...its be symmetry, tetra on...tetrahedron shape, so, negative (cl) come in the positive metal...polarity really and they cancel out.
 (student explain through of the draw).
 I. Okay. And why do you think that polar and non polar substances don't mix?
 S. Ann, I would say that they really interact because this , I would say, negative charge, so, they would most likely... how this mix with it, but, because it's not, it's not, it's charge strongly have (?)...., so its not, its been push the way (?)....
 I. Do you think there isn't any interaction between these substances?

S. Ohh..yeah, there's a dispersion, ann, dispersion ...molecule, but I think, in negative, is just kind of ...interact and be...just the water together and no with a lot of the water like that, to this and this is...
 I. What the name of this interaction?
 S. Ann..I think this...it possible could be hydrogen or also dipole...
 I. Okay, and between these substances, what the name of the interaction?
 S. Between...?
 I. Yeas,
 S. Ann...Just dispersion...or ..I think is just because one is non polar, one is polar...then no they don't really have dipole-dipole interaction, but they just mix itself than other...I like mean..
 I. And do you think this system release or absorb energy?
 S. Ann, I think that unmixed, I think would absorb energy...If to say mix, happen maybe increase the temperatures or something, I think

they absorb energy. So I believe this release energy just because its stable, the molecules are stable where are they are...water with water and tetrachloride with tetrachloride...So I think its, I think its release.

I. Why the molecules prefer interact with each other?

S. Ann..I'd say because the interactions between the water molecules is stronger than attractions between the non polar..its like boiling under...

I. What substance is in the upper phase?

S. I think that the water is in the top and the tetrachloride is in the bottom.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe?

S. Well, iodine was dissolved, something clear kind of in the top ...So, I think the water is bottom like, water...

I. Do you think they changed of the phase?

S. So, before the tetrachloride is in the bottom because is denser. So, the now I think the iodine...

I. The iodine interact more with water or?

S. Water, I think water.

I. Why?

S. Ann...Iodine interacts with negative, it's so...

I. Iodine is I₂...is it polar or non polar?

S. Iodine is, so, I don't think its polar, but it has negative charge...so..

I. You have two atoms of the same element...

S. Oxygen, iodine...

I. I₂, I-I.

S. I₂...

I. Iodine, It's polar or non polar?

S. Non polar. I₂ is non polar, its gonna be a linear structure and even the both partially negative, thus the...are cancel out.

I. They interact more with carbon tetrachloride or water?

S. I think interact more with water because the hydrogen.

I. But water is polar...And iodine is non polar...

S. All right..So, well, I would say they mix like interacts like carbon tetrachloride and water, but I think maybe iodine may have aa... take aa..positive hydrogen with iodine...I think means that oxygen in the water interact with the iodine..so I think this is positive cause...but...

I. And about the carbon tetrachloride?

S. Ann...well, I think that's the same...

I. Why do you think these substances change of the phase?

S. Ann, the density I would say, so the increased way and no made or dense, and..well, also, when the carbon tetrachloride get together, like...they that, they less dense because they shakewhen oxygen is planer...water is plane..

I. Do you know the name of interaction between the water and iodine?

S. Water and iodine...ann dipole...maybe...I don't know..

I. And about the water and iodine..release or absorb energy?

S. I would say release energy...

I. Okay, and carbon tetrachloride with iodine? What the name of the interaction?

S. Iodine...I don't know...of kind of the answer.

I. Intermolecular forces!

S. Okay, so, I'd say dispersion...because both are non polar and non dipole...Maybe...ionic! I don't think...

I. Okay. Lets add copper sulfate.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now...What's happening?

S. Ann..I think the changes again, and the water is on the top now.

I. The copper sulfate was dissolved in water?

S. Yeah, and so..

I. Why do you think this happen?

S. Well...the copper sulfate...

I. The copper sulfate is CuSO₄.

S. CuSO₄..Cu..and sulfate...(student draw) So, I think when add with water...it gonna be the change...if aa...So, I guess it maybe now it got (drawing)... It dissolved...

I. This compound is ionic, covalent..

S. Its ionic, ionic, so..I don't know...

I. What happens with ionic compound when in contact with water?

S. So, usually, ...the positive to here it kind of ..mix with this one...So that it really gives electrons right...and, I'd say here, it dissolved, so I think all the ... see here...and has(inaudible).

I. Okay. What the name of this interaction?

S. Copper sulfate?

I. They have charge?

S. Oh yeah, I think so...here is two plus and here is I think, I don't know..

I. But is negative or positive?

(student complete on the draw)

I. And how happen the interaction between these ions and water?

S. Well...

I. The water has a part negative and positive. How happen this interaction?

S. So I think happen was when the copper give to water molecule in the negative...

I. And the SO₄?

S. And for this, for this is negative, just the negative with the positive. (student draw).

I. How the name of this ions?

S. The name of the ions? Copper, copper...I don't know...Cu, Cu..Cu....

I. Why the copper sulfate wasn't dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann..So...so, because of the charges, really..cause this...I think this wanna hydrogen plus for and this is just minus one...And..so, I think the interaction between this is strong and helps they stay together...the oxygens is more affect the ion here...so, it... Water really role plays the carbon and hydrogens

does likes chloride, so, were here I think just has a strong the negative, a strong attraction with the positive and this have it would itself.

I. Okay, do you know the name of interaction between water and copper sulfate? Intermolecular forces? You have ions and polar substance...

S. Ionic compound..ionic, ion-dipole!

I. This system, the top, release or absorb energy?

S. The top one?

I. Yes.

S. I believe released, yeah, so, I believe release energy because its, know, the energy down between then...cause this is that comes together they are more stable state .

I. Last question. Do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. I would say no, not always, I think if like here were if this is, if

this is a polar and this is, doesn't really make that changed in the water, doesn't make change, but if you have molecule that's more has stronger intermolecular forces, intermolecular forces, polarity indefinably changes, the molecule like if I have ...the water, the water molecule can take that way something like..I think it only one the intermolecular forces is non strong in within molecule.

Estudante 9

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. First question, what do you observe in this system?

S. I observe this a...the carbon tetrachloride, I think it is in the bottom. I am not really sure is like...

I. We have some data here...

S. Oohh...so this is in the bottom and the water sits on the top.

I. Okay, and why these substances don't mix?

S. This is not soluble, insoluble.

I. Why?

S. Ann...well...few reasons, it could have intermolecular forces in water... to attract water molecules and the same if the carbon tetrachloride is gonna interact with carbon tetrachloride more than with water molecules. Ann...or it could be..

I. And about the polarity?

S. An...well...water is polar cause the oxygen is more electronegative than hydrogen and carbon tetrachloride seems to be planar?...

I. Can you draw to me?

S. Okay! (Student draw).

So, this is tetrahedral, so there's no, it's all equally, like equally and dispersed.

Where is hydrogen, oxygen both electrons increase partial like, over there, partial like, partial positive and negative...partial charges..

I. Okay. Carbon tetrachloride doesn't have partial charges?

S. Yes..

I. Why?

S. Because of the geometry, cause is a tetrahedron. Because of, because the electrons are equally dispersed around the molecule.

I. Don't have dipole moment?

S. No dipoles, yes.

I. Okay. And why do you think that non polar and polar substances don't mix?

S. Ann...I'm not sure...Oh I know..is there...polar dissolves polar and non polar dissolves non polar..but I don't know why.. I have no idea. Maybe because, maybe the dipoles would interact with each other and a low it be it is insoluble or the hydrogen bonding would something to make insoluble whereas a...

I. And about the configuration..

S. I'm not sure.

I. Which characteristics are important for two substances mix?

S. Ann...the charge...the charge.

I. Okay. Do you think there isn't any interaction between these two substances?

S. No there is. Yeas. But... no between these two...touching there is...but they don't interact with each other them with all...

I. This interaction strong or weak?

S. I think weak because there are bubbles and carbon tetrachloride inside the water, but there with itself, there not was dissolved.

I. Do you the name of the interaction between these two

substances, the intermolecular forces?

S. Ah...dispersion...hydrogen bonding and dipole-dipole.

I. Hydrogen bonding between??

S. No, there's no hydrogen bonding between, oh you ask what types of forces.. Between these two just dispersion and dipole.

I. Okay... This system release or absorb energy?

S. Probably released energy..

I. Why?

S. Because, in the pic diagram (student draw), I'm not too sure, but, unmixed...I think you need to overcome a lot of forces to need add energy, so probably is energy together unmixed...I'm not sure about..

I. Okay...Now you go to add a small amount of iodine in one this cylinders.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. Now, what do you observe?

S. Ann...I observe some dense liquid with another dense liquid with and...

I. Iodine was dissolved in...

S. In...so...it dissolves in the carbon tetrachloride and not in the water.

I. You think it don't was dissolved in water?

S. O..ok...so iodine in the carbon tetrachloride and not in the water.

I. Not in the water?

S. Because of water are here...

I. You think don't changed of color? You can compare.

S. Yeah...So...it's heavy the I with the Iodine like, so unmixed of with this heavy force...I'm still, I'm not sure what are happening.

I. Why do you think this happen, the iodine was dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann...Probably was also non polar...

I. Iodine is non polar.

S. Is it non polar?

I. Iodine is polar or non polar?

S. It's depends...was

I. I2.

S. I2? So it's non polar.

I. Non polar. Why is it non polar?

S. No difference in, no difference in electronegativity.

I. Okay. But iodine was dissolved a little in water. If you compare, maybe a little.

S. A little bit.

I. If you compare the color.

S. Okay, I see..

I. Why this happens? Because the water is polar and iodine is non polar? Why iodine was dissolved in water a little?

S. Ann...maybe water interacts, interacts between water and iodine were strongly for some portion I mean...to dissolve, but a majorly dissolved in this (CCl4)..Overcome the forces.

I. Okay. Do you the name...what interaction occur in this phase? What the intermolecular forces?

S. So, iodine, tetrachloride, so probably just dispersion.

I. Dispersion...And this system release or absorb energy?

S. Ann...Probably, probably abs...I'm not sure...I'll to say absorbed...maybe..

I. Why?

S. Because...I don't know. I don't know what I think. I could say that, so, its mix, its definitely mix, so there is higher number of configurations...I'm not sure.

I. Okay. And about the water and iodine, what is the name of the interaction between these substances?

S. Dipole-dipole and dispersion.

I. Dipole-dipole? Why dipole-dipole?

S. It has a dipole moment...its iodine...Ow..no...sorry, there's no dipole, just dispersion. Yeah.

I. Okay. Now you go to add copper sulfate in the other cylinder.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now, what do you observe?

S. So, it's dissolved in the water and do not dissolved in the carbon tetrachloride.

I. Why this happen?

S. Maybe the intermolecular, the ionic, it's an ionic compound, its an ionic compound so maybe the charges in here was greater than for, yeah, greater than for..So, its insoluble in the water, so there's a lot of imf....here just not have much imf, so it dissolved.

I. Okay. How do you think that happen the interaction between this compound and the water? CuSO4 and water.

S. Ann...CuSO4. SO4..is a minus like correct, because...

I. Do you have four oxygens.

S. Correct. There is four here. SO4...Its charge minus..one. Anyway...so why this dissolved in water?

I. How happen the interaction? Water has a partial charge positive and negative...how happen the interaction between these ions?

S. I could be dispersion forces overcome, interaction between each other. Ann...SO4 or hydrogen bonding to break a part the copper sulfate dissolved.

I. And...which part of the water interact with this ion?

S. This probably this part... (draw).

I. And with Cu?

S. Maybe the charges, the charges interact, so hydrogen bonding here, charges...

I. But you think this compound react with water through the ions or "the compound"

S. Probably of the compound, because its non ionic. Its not ion here.

I. But when you put in water..

S. Dissolve it...Okay...So then, in the water its would charges...

I. Do you know the name of this interaction? What intermolecular forces?

S. Ahh..I'm not sure, I don't remember, I class today, so I don't remember...haha

I. And about the bottom phase, why this compound wasn't dissolved in carbon tetrachloride?

S. So, they only have dispersion...So there's no Hydrogen bonding between these...only dispersion...So wasn't enough the come.. overcome...the copper sulfate with the water.

I. Okay. This system, on the top, release or absorb energy?

S. Probably released, because its more stable dissolved and mixed, and there's more configurations...like that, I think.

I. And the bottom? Release or absorb?

S. Its most likely absorbs energy...because they don't mix.

I. Last question, do you think that polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. Ann...well...it the molecules polar there no polarity affects, but if is non polar, polarity no affect...maybe the geometry would, but not polarity.

Estudante 10

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe?

S. Ann...They don't mix.

I. They don't mix. Okay. Why do you this this happen?

S. Ann...So, I don't know which one is on top or ..or where is water, water interact more strong with itself than..

I. We have some data here.

S. Okay, so, so maybe the carbon tetrachloride is under, what is so carbon is CCl₃.

I. CCl₄.

S. CCl₄. Ohh...What's other word, is at...by in class today, carbon, carbon tetrachloride, which the other name for her?

I. Chloroform?

S. Chloroform? Oh..okay..So I would say water is on the top and either way, it interacts more strongly with itself.

I. Why do you think these substances don't mix?

S. Ann...So, it's a hydrocarbon, is chlorine...Yeah, just because the molecules prefer interact with itselfs and no with water...water has a hydrogen bonds.

I. Okay, and about the polarity of these substances? Water is polar, non polar...

S. So, water is polar...and the carbon tetrachloride, CCl₄ its non polar, but has a very strong electronegativity, its likes...So it is C..Its a..(student draw).

I. Why this substance is non polar?

S. Ann, so, you never would say the symmetry, but I guess it is a tetrahedron, then see be, in the top could be water...I don't know...I just study like for the last exam there's.. They are canceled each other out, but I guess no I...it would be like C, I can't draw.. (student draw)...

I. And about the water, why water is polar?

S. Ann, so, (student draw). Oxygen is very electronegative, so then you and the with partial charges, negative and positive, the electrons where from hydrogen, witch mix, and have a dipole, dipole and because that it's polar, because like interact with the positive hydrogen with other...

I. The carbon tetrachloride has a dipole moment?

S. With the bonds or the molecule?

I. In the molecule.

S. The molecule does...When a draw I'm... there's a bond dipole, and ...carbon is...chlorine is more

negative than carbon. I just don't remember what the formula other molecule looks like...Because if likes that just be interact with itself...but the water has not just dipole-dipole but they also have hydrogen bond between the molecules...

I. Okay...Why do you think that polar and non polar substances don't mix?

S. Ann...because the polar molecules have charge differences, then when they all can together to make, to make bonds, but have thus interactions but stronger then just, something that's non polar they would have, just dispersion forces between the molecules.

I. Okay. Do you think that there isn't any interaction between these two substances?

S. There is in the middle.

I. This interaction is strong, weak? What do you think?

S. Ann...I don't know...I guess...So the way I learned and...about hydrogen, hydrocarbon, chain, I know about the water, the water just lined, so then...it can (?)....interactions...it will...I don't think its strong or weak...I think is there not in a continuous....there will separate each other.

I. Okay. Do you know the name of the intermolecular forces between these two substances?

S. Between the two? Or between the itselfs?

I. Between the two!

S. I guess just be dispersion forces between them...

I. Dispersion. Ok. And this system release or absorb energy? Is endothermic or exothermic?

S. Neither...I don't know...I mean they're just separate...they're just ...they're not really, release or... energy...I don't know.

I. What substance is in the top?

S. Ann...I would say water...oo..excuse me, an the carbon tetrachloride, is water even no water...It's dense is...

interaction...(inaudível). They are the water. I don't know.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. Okay, what do you observe now?

S. So,...

I. Iodine is I₂.

S. It's dissolved...on the bottom.

I. The iodine was dissolved only in bottom phase?

S. No...partially don't...looks like...yeah..

I. What do you think this happen? Iodine was dissolved better in carbon tetrachloride.

S. What's the chemical formula?

I. I₂.

S. I₂...

I. Iodine is polar, non polar...what do you think?

S. Ann...I guess if water is on the bottom, it's definitely polar. but, no, it's I₂, will be non polar because just be gonna a ...each other.

Yeah...It's pretty electronegative ...

I. But if iodine is non polar, why this substance was dissolved a little in water, cause water is polar.

S. So, I would say the water is non in the bottom because I don'tknow anymore...

I. Water is on the top.

S. Water is on the top. Okay.

So why...I have non idea. It's really interesting.

I. - And about the bottom phase. Carbon tetrachloride and iodine. Do you know the name of this interaction?

S. No...

I. Intermolecular forces? What intermolecular forces between these substances?

S. I mean..No, because is iodine is non polar, I said dispersion forces...but I don't know there's any other, another name would be.. This is really interesting.

I. Okay. And about the energy, do you know this system release or absorb energy in the bottom phase?

S. I don't know, maybe released energy, I don't know...I would say interact with the carbon

tetrachloride and is probably bring the molecules close together to potential energy going down...I don't know.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now, what do you observe?
 S. So, the copper sulfate is just dissolved in the water, but its ...dissolved, the sit in in the tetrachloride..
 I. Why do you think this compound was dissolved in water? CuSO_4 .
 S. Ann...probably is polar...I can't remember..
 I. Why do you think it is polar?
 S. Well, I mean its dissolved into the it, and don't dissolved.. I think it's dissolve more in polar. I can't remember.
 I. Okay. And about the chemical bonds in this compound. This compound is ionic, covalent..
 S. Its ionic. I think. I think the copper is a metal and a metal mix with the sulfate...

I. And how do you think that happen the interaction between this compound and the water?
 S. Ann..so, copper would.... with oxygen and hydrogen.... with the sulfate.
 I. You can draw to me!
 S. I fell like is copper $2+$..?
 I. Yes..
 S. And SO_4 is $2-$...And so, the negative charge this would go here and this will go there..
 I. What the name of this part?
 S. Just copper, the copper ion.
 I. This ion is called..
 S. Oh...I don't know.
 I. Very good. Why this substance doesn't dissolve in carbon tetrachloride?
 S. Ann.. because the...because the ion...well, I guess the ion interacts between itself, Cu^{2+} and SO_4^{2-} together interact with itselfs more that with carbon tetrachloride.
 I. Carbon tetrachloride has partial negative or positive charge? Like water?

S. Humm...I would say negative because so many chlorides, chloride is more negative, but I'm not sure.
 I. Okay. Do you know the name of the interaction between these ions and the water? What the intermolecular forces is there between these substances?
 S. Annn...So I guess is hydrogen bond between these ions but I ...its just partial charges...So, just, I don't know...like ionic bonding, bonding is..... together.
 I. Okay, last question. Do you think that the polarity of the substances always affect the solubility of these?
 S. This polarity always affects solubility...I say yeah..
 I. Why do you think this?
 S. Because the solubility is ...insoluble in water...water is just polar, I think something has to be or something is polar, the more polar is likely it's to dissolve in water.

Estudante 11

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. First question, what do you observe in this system?
 S. Oh, these two substances do not mix.
 I. Why do you think they don't mix?
 S. Ann I don't think they mix because is probably the carbon tetrachloride are more attract each there only molecules, the near are with water going to adopt a high number of configurations and when neither (?) ..itselfs interact with the water..
 I. Okay. And about the polarity of these molecules?
 S. Water is polar.
 I. Why water is polar? If you want, you can draw.
 S. Water ..(student draw), so they have a more difference in electronegativity, so,...so there's dipole moments move...to oxygen.

If you just draw the some, there's no dipole in attraction.
 I. Okay. And about the carbon tetrachloride?
 S. Carbon tetrachloride is...(inaudivel)
 (Student draw). Ann...so, carbon tetrachloride I think is non polar. Non polar.
 I. Why?
 S. Its symmetry, actually no, it is polar. Because I think about the tridimensional shape, the dipole moment is in carbons create some ..dipole.
 But is hard to see in this draw.
 I. Is there dipole moment in this molecule?
 S. Yes, so, (student draw). The dipole are canceled, theses dipoles going to the carbon...to the carbon. One dipole..and have a dipole...They are canceled.
 I. They are canceled. Okay. And why do you think the polar and non polar don't mix?
 S. Ann..I think its because, polar and non polar substances I don't

think they would mix, because I think that a higher affinity to be with itselfs, like think It can interact with other types of the molecules or non polar, they can interact, but they will much interact with itselfs.
 I. Okay. Do you think there isn't any interaction between these substances?
 S. Well... this bubbles here is, its bubbles here, I think that a point where they maybe wont to or kind of interaction, just not strongly with each other.
 I. Okay. What do you think, this system release or absorb energy?
 S. I think there its going to, I think these release energy.
 I. Release? Why?
 S. Ann, well, when there, how we see unmixed is more favorable, just have a higher number of configurations, but also unmixed state the molecules are wanna be or going to be closer to each other, like close together, so it should be a lower potential energy and a higher number of configurations, more

favorable. But a lower potential energy means they release energy

I. Okay. Do you know the name of the intermolecular forces between these two substances?

S. Ann, they, they just have dispersion and dipole-dipole.

I. Okay. What substance is in the top? We have some data here.

S. In the top... Water is on the top.

I. Water?

S. Yeah..water is on the top.

I. Now we go to add iodine.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. Okay, and now, what do you observe?

S. Well, ... Wherever is on the top. I guess should be water, is clear, transparent, and carbon tetrachloride is purple.

I. Why do you think this happen?

S. Ah, some chemical property, just changed...the iodine react...

I. Iodine is polar or non polar? Iodine is I2.

S. I2 is non polar.

I. Why?

S. Because we have 2 molecules, covalent bonds together make ...no dipoles moments..

I. Okay. And what the name of the interaction between carbon tetrachloride and iodine?

S. I would say the carbon tetrachloride is non polar. I think would be dipole interaction, and the carbon tetrachloride induce a dipole in iodine.

I. Okay. Iodine was dissolved in water, a little. You can compare. Why do you think this happen? Because iodine is non polar and water is polar. Why this substance was dissolved in water?

S. Ann...Iodine was soluble in water? I think was soluble in water because, I think like the iodine, I think the water induce some dipole in the iodine to make they interact.

I. Okay. The name of this interaction is...

S. Could be dipole-dipole and, just dipole and dispersion.

I. Okay, good. This system, in the bottom, release or absorb energy?

S. Ann, I think they're absorbs energy.

I. Absorb? Why?

S. So, I guess the iodine is more soluble, more soluble, but it can interact I guess with carbon tetrachloride, so, I guess, it's could say higher number of configurations but the potential energy goes when they were don't mixed.

I. And in the top, release or absorb? Water and iodine.

S. I would say they could be unmixed....release energy...because they can interact a lot more...(inaudível)

I. Now let's go add copper sulfate.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. Ok. And now, what is happening?

S. The upper phase, the copper sulfate would be more soluble in water than in carbon tetrachloride.

I. Okay. Why this happen?

S. I think so because CuSO4 is polar like water.

I. Why do you think it's polar?

S. Because of the dipole moments. And there's a dipole, differences of electronegativity between the atoms.

I. But and about the chemical bonds, this substance has ionic bond, covalent bond..

S. There an ionic...Because copper is a metal and sulfate is, it could be anion.

I. What happen when you dissolve an ionic compound in water?

S. They dissociate, they dissolved, separate in your ions.

I. Draw to me.

(student draw example with NaCl).

S. So, the onic compound like NaCl.. So I think this would be unmixed state and it could be mix state....

I. And about this substance?

(student draw with CuSO4). (see the paper).

I. Okay. Water has a part positive and negative. How do you think that happen the interaction between the ions and the water?

S. So, (student draw again)...I think the copper part, the copper ion is going to interact with water on the negatively partial part, oxygen, and the sulfate would interact some here, with this negative charge.

I. Okay. Why do you think this compound wasn't dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann...I think there would be because carbon tetrachloride, because it has a electrons small, a little dipole moment, partial charge, its limited partial charges, it interact with charges, on the ions.

I. Okay, what the name of this interaction?

S. This interaction here?

I. Yes

S. Is, ion, is ionic induced dipole? Or just ionic...or something..Ionic? There's a word...Ionic induced dipole.

I. Okay. Do you think this system on the top, release or absorb energy?

S. I think I's going to absorb energy.

I. Absorb?

S. Absorb energy.

I. Why?

S. Because the copper sulfate interact with the water, they can interact a little bit more...increase potential energy...they absorb energy.

I. Okay. Last question. Do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. Ann...always affects the solubility? In most times, yeah, because if something is non polar, often times in polar substances is, is going to be to interact more ways with other polar substances like dissolve it would be with the non polar substances.

Estudante 12

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe in this system?

S. Ann...They don't really appear be mixing at all...

I. Why do you think they don't mix?

S. Ann...because of kind see like break there without (?)...if looks like just chlorine is on top...So..

I. Why this happen?

S. Ann...maybe, I'm not sure...I think because water is polar and the this is possibly is carbon tetrachloride so, actually I think its non polar.

I. Why do you think that water is polar? Ann, because.... You can draw..

S. Okay...Its because...if I wanna to say (Student draw)

It is the oxygen, this is gonna be polar bond because of electronegativities, and then because the shape, its not symmetrical.

I. And is there dipole moment?

S. Ahan, its like ...

I. And about the carbon tetrachloride?

S. The carbon tetrachloride, I think...

I. CCl₄.

S. I think, its gonna be like probably planar like tetra planar, I guess. But I don't know the geometry quickly likes, because the geometry could be....

I. Is this non polar? (pointing the draw)

S. Its non polar..

I. Why do you think this?

S. Ann, I think the dipole-dipole moments probably cancel each other out.

I. Okay, and why do you think the polar and non polar substances don't mix?

S. Ann, actually I don't know, I just know they don't mix.

I. They don't mix. Why? Do you can explain? Why polar and non polar substances don't mix?

S. Ann, I think has to... probably, possibly how they interact each other like...The polar ...like the polar, interact but polar molecules I think have more, have more configurations with polar molecules and non polar molecules have more configurations with non polar molecules.

I. Do you think that there isn't any interaction between these two substances?

S. Directions?

I. Interaction!

S. Interaction! Yes...No, there, I think, I think there are interacting, but just like interacting with polar and non polar like...

I. Do you know the name of the interaction between these two substances? What the intermolecular forces?

S. Ann, probably dispersion and there is dipole-dipole maybe a little bit more than dipole-dipole between the polar ones...but I think, I don't know, dispersion..

I. Okay, do you know what substance is in the top?

S. That would be..

I. We have some data..

S. Okay..Ann, well, probably water cause it's less dense, so its gonna float, where's the carbon tetrachloride would sink.

I. Okay. Do you think this system release or absorb energy?

S. Release or absorb energy?

I. Yes.

S. Ann, I don't think there's really a way from the down...(nao entendi)... but down...no in cause if you trough temperature so...I don't know what I tell..

I. Okay, let's go add iodine. You have to add a small amount of the iodine in the first cylinder.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. What do you observe in this system now?

S. Okay, so, it looks like the iodine reacted or chemical reaction with the carbon tetrachloride but it not react with the water.

I. Okay. Why do you think that iodine is more soluble in carbon tetrachloride?

S. Well, just, well, okay, ann, ...I know the carbon tetrachloride on the bottom but ..in the water I think is more soluble...ann...

I. Iodine is I₂.S. I₂? Okay, its non polar...but...

I. Its non polar, the iodine?

S. Yeah.

I. Why?

S. Why's it? Because its ...here geometry like (não entendi..inaudível)

I. But do you think the iodine wasn't dissolved in water?

S. Ahan...Ohh... its non polar cause I said the (?)...

I. You can compare! What do you think?

S. Its ann,... not stronger ...I think its because water is polar and non polar and polar usually don't mix and the carbon tetrachloride is non polar and iodine is non polar and to mix with that and not in the water.

I. But if you look...

S. There's a little bubbles?

I. No...the color. There is a difference of the color.

S. Yeah...It mix a little bit.

I. A little bit. Why this happen? Because iodine is non polar..

S. Ann, it does mix a little, not very much, so it like will interact with each other but its no much.

I. What kind of the interaction is there between water and iodine?

S. What type of the reaction or interaction?

I. Interaction.

S. Ann, like intermolecular forces...dispersion, cause iodine, I don't think its not gonna have with the other interactions..

I. Okay. And carbon tetrachloride and iodine, what the name of the interaction between these substances?

S. Ann...dispersion I think...I'm not sure that clean..

I. Do you think this system, the bottom, release or absorb energy?

S. Ann...I have not talk yet how tell, it release or absorb energy, it's endothermic or exothermic, I think maybe probably I think, absorb energy. It's releasing...I'm not exactly sure about this.

I. Okay. Lets go add copper sulfate.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. And now, what do you observe?

S. Ann, it mix with water and don't mix with water, oo, with the carbon tetrachloride.

I. Why this happen?

S. Ann, because copper sulfate is polar and water is polar, so it mix with the polar and not with the non polar.

I. What do you think that the copper sulfate is polar? CuSO₄.

S. Ann, so I think if copper look like this...CuSO₄...sulfate is SO₄...so, it not would, I think it... So I think maybe, maybe, I'm not sure, but cause I think...This dipole-dipole...

I. Okay, but and about the chemical bonds, this compound is ionic, covalent...

S. Oh its ionic.

I. Ionic. Why?

S. Ann, because it has, I think that is a, anion, I think so, and this is the cation (student draw). So, thus mix make ionic substances because a metal and a non metal.

I. And when you mix ionic compound with water, how is the interaction, because has a positive part and negative. How do you think this interaction happen?

S. Oh, they interact with each ones?
I. Yeas..

S. Ann, well, the negative side on this will be react with the positive side on the water and then parts with the..

I. You can draw to me..

S. (Student draw). Well, the copper sulfate was something like this, actually I can't remember outside is positive with negative on the water molecule. I think this side is positive and this is negative, so like I think it will be interact with this, this interact, this is the interaction...

I. Okay...Do you think this system release or absorb energy? On the top.

S. I would say the same thing, I don't know.

I. This question is difficult. And about the name of this interaction. Intermolecular forces between water and copper sulfate.

S. Ann, copper sulfate...

I. You have ions and..

S. H...So, ann, I think would be probably have dispersion, dipole-dipole and hydrogen bonding.

I. Okay...Last question, do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. Ann, yes. I think that has some affect, has affect..

I. Why do you think this affects?

S. Ann, because non polar will mix with polar, usually doesn't mix, they don't like each other and the polar and polar like each other and non polar generally mix with non polar. Water don't mix with the..is non polar and the water is polar...they don't mix.

Estudante 13

(I: Interviewer, S: Student)

A. Water and Carbon Tetrachloride

I. What do you observe in this system?

S. Well, they're separate. So, the carbon tetrachloride is on the bottom and the water on the top.

I. Why do you think these substances don't mix?

S. Ann, its probably non polar and water is polar.

I. Why do you think the water is polar?

S. Ann, just because the water is polar...

I. We can draw to me.

S. Ok. (student draw) So one oxygen and two hydrogens, there is positive charge and oxygen has a negative charge, so well, it's a neutral molecule but it is polar.

I. There is dipole moment.

S. Yeah.

I. Okay. And about the carbon tetrachloride? Why do you think this is non polar?

S. Just it is the geometry is a...the geometry because it would be a tetrahedron.

I. You can draw.

S. Okay. (Student draw)

I. This molecule has a dipole moment?

S. Yeah..but is not strong...I don't know.

I. Why do you think that molecules non polar and polar don't mix?

S. Ann, because like dissolves like, so, if there both polar they maybe attract it but they're not polar, maybe attract it, but they're not the same.

I. Okay. And do you think there isn't any interaction between these two substances?

S. Ann, not that like I can see. No

I. Okay. This system release or absorb energy?

S. I can't..Oh, I don't know they're doing...

I. Okay. And do you know the name of the interaction between these substances? What intermolecular forces?

S. No...

I. No?

S. I don't know.

I. Do you have dipole-dipole, dispersion...

S. Ann, I think dispersion, but no I, I don't think this is doing dipole-dipole, no dipole-dipole, no hydrogen bond. Except with the water, itself. So, I think they only interact with dispersion.

I. Okay. Why do you think that the water is on the top?

S. Because its has a lower density.

I. Okay. Now let's go to add iodine.

B. Water, carbon tetrachloride and iodine

I. Okay. And know, what do you observe?

S. So, the iodine interacts with the carbon tetrachloride, but not with the water.

I. Okay. And why do you think this happen?

S. Ann, I don't know what happen, but it changed of the color. So reaction happens.

I. Iodine is polar or non polar? What do you think?

S. Non polar.

I. Why?

S. Because it interacts with non polar.

I. Iodine is I₂. You can explain why do you think that is non polar?

S. Why is non polar? So, just like two iodine atoms. Okay, well just be the same thing, I don't know...like the distribution, distribution is the same.

I. Okay, but if you compare the color, iodine was dissolved a little in water.

S. Ahan.

I. Maybe you can see.. What do you think this happen, because water is polar and iodine is non polar? Why this happen?

S. I don't know!

I. Of kind of interaction is there between water and iodine.

S. Oh...just dispersion forces, I don't, I don't actually know..

I. And about the bottom phase, do you think this system release or absorb energy?

S. Ah, I could tell, but I don't know. I didn't...

I. Try!

S. So I'll say it released energy because is more soluble. ...

I. Okay. And about the name of the interaction, do you know what intermolecular forces?

S. Ann, no...I don't know...I'd say dispersion because there's not dipoles.

I. Okay. Now you can add copper sulfate.

C. Water, carbon tetrachloride and copper sulfate

I. What do you observe?

S. So, the copper sulfate is interacting with the water and does its ionic compound, copper sulfate.

I. Okay. Good. Why this compound wasn't dissolved in carbon tetrachloride?

S. Ann, because is non polar, so, and ionic compound is (?).has polar charge.

I. Okay. Do you know how happens the interaction between water and an ionic compound?

S. Ann, so the copper be positive so its more attract like the copper is more attract to the positive, like the positive charges and the negative

oxygen and the negative sulfate attract hydrogens...so they separate.

I. Can you draw to me?

S. So, (student draw) water molecule and ...probably, ...and so the copper is it 2+ and is more attract with the negative charge, and SO₄²⁻ is more attract to hydrogen..

I. Okay, very good. And do you know the name of this interaction? What do you think?

S. Ann,

I. Do you have ions and do you have polar molecules.

S. I don't, I don't know what the name.

I. Okay. And about the energy in this phase, this system release, absorb energy, what do you think?

S. I think it absorb energy. But I don't really know why.

I. Okay. Last question. Do you think that the polarity of the substances always affects the solubility of these?

S. Ann, well, there's always one exception. So in most cases, so probably...

I. Why do you think this?

S. I can see...that the polarity did affect solubility, but I'm sure that the always is gonna be molecules and atoms behaved effectively.

APÊNDICE 10 – Transcrição das entrevistas realizadas na etapa de avaliação do material didático

Estudante 1

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = This interview is about an experiment when we mix two liquids in the same amount in a cylinder, water and carbon tetrachloride. This first image show us the result of this experiment, what is happening in this cylinder. I'll show you some images, a sequence of images and I will ask you some questions about them, ok?

S = Ok.

I = So, in the first image, what do you think this image is trying to represent?

S = Sincerely, this is two different liquids.

I = Different liquids?

S = So I guess trend that there's a difference in densities, which is why they are separated.

I = Ok. How do you know they are separated?

S = Ann, it's looks like a meniscus, kind a looks like there's a difference on the middle.

I = Ah, ok!

S = A separation on the middle.

I = Ok, so now look this second image. What do you think this image is trying to convey?

S = Ann, On the top it's made of different particles and on the bottom, are different substances.

I = Ok. Which means this different colors of the the balls?

S = Sorry?

I = The different colors, which means?

S = I think to me this indicate they're different substances.

I = Anything else?

S = Ann, I don't really, Yeah, much else...

I = Ok. So, now, look this third image. What do you think this image is trying to represent?

S = Ok. So, now it looks like they were different substances which are

showing, and the second set of bobbles it indicates which actual molecules are, exactly which different substances are.

I = Ok. Anything else that you can see...

S = Ann, no.

I = Ok. Now, look this one. What do you think about this image? Forth.

S = So, this looks like they're showing the actual structures of the molecules as well the partial charges of the individual atoms between like the overall, its like, the charge, if it's zero or not zero.

I = Which means these arrows?

S = Ann, the direction that the charge density, ann the negative charge density move towards, in concentration towards.

I = Okay, and these symbols? (deltas)

S = Ann, shows the, the partial charges of the atoms.

I = Okay. Anything else?

S = That's it, like the red arrow can showing the net, like, difference in charge density.

I = Ok. Now, look this one. What do you can observe?

S = So, like the early ones, the first I see that, there's two different substances, it showing kind like a general picture like the molecules together and then the second set of bobbles the color kind indicates the electron charge, the charge density, seems like red's the area of higher electron density and blue is lower electron density, so like ? the water we can see that there's an area that has a higher charge density or difference ? the carbon tetrachloride seems like it's evenly, there isn't area where there's kind ? strong localization charge.

I = Okay. Why this cloud is little red?

S = Ann, to me that's showing that it there's a kind like equal likelihood that electrons would be anywhere

around it, as opposite the oxygen, the water where density be found in one area more than the other.

I = Ok. Ok. Next one. What can you see in this image? What do you think it's trying to represent?

S = The, ann, so this is kind ? like before ? the two different substances, but now it's showing just molecules, it's showing the molecules annex charge density and then on the left side be can see where the two substances meet and it's just kind showing the where they meet.

I = Ok. And what could you say about orientation of the water molecules?

S = At first I thought that, the, ...so I guess it is, it's showing that the negative charge, the negative like charge area of one water molecule is kind line towards to positive area of different water molecule, kind of arrange now ways, but the carbon tetrachloride we don't see like any specific like arrangement just because its evenly distributed.

I = Ok. But when first you look this image, you thought about the orientation or not?

S = Ann, I didn't.

I = Ok, ok. Now look this one. What do you think this image is trying to convey?

S = I think it's just comparing the size difference, it's kind showing like the arrows, ? showing that one's bigger than the other. And then like in "a" into only water you can fit more water molecules is compared to "b" where there's, we have a water molecule, is comparing to relative size between the carbon tetrachloride.

I = Ok. Is possible to know which it means? Which the difference of size means?

S = Sorry?

I = Ann, is possible, just looking this image to understanding what means the difference size of the molecules?

S = I guess, like I can never know like pretty sure because it doesn't see? it posterly,r, it's just kind what I'm interpreted it, to mean, just cause there isn't ? watching information given, so, I just, I don't know why but I just presume that's what it meant.

I = Ok. Now, look this first image.

S = Okay.

I = What do you think this image is trying to represent?

S = Ann, It's kind showing so in "a" , box "a" is just showing the one molecule by itself, and to me it seems like the box b is showing two different possible like charge density arrangements, it there's a kind induce dipole interaction.

I = How can you see that?

S = Because we see the, ann, there's two sets of, like two molecules, two sets where each set contains two molecules and each one it's showing, it's showing a partial charge like for each molecule, but there, the charge is where they're looked are different between the two sets.

I = Ahan, and which means these different colors?

S = Ann, the red means high electron density and blue means low.

I = Ok. Anything else?

S = Ann, it was I see in the top.

I = Ok. And about this one?

S = So, for that, I can see that the negative is facing to the positive, I don't know what these lines mean, I'm not sure what it's trying to convey.

I = You don't know?

S = No.

I = Ok. And about this one?

S = Ann, that's kind showing me that the line is going from the positive, yeah, positive like particle or molecule, to ?? word, positively charge, partial charged atom to a negatively partial charged atom.

I = Do you know which means this dotted line?

S = The, like, interaction is between those two atoms. It is kind what I think it meant.

I = Ok. And about the last one?

S = It's again showing the partial charge interaction between the water and the carbon tetrachloride this time, but again I don't know what the lines mean.

I = Okay. Last one. Look this sequence. This is a sequence of the same system, ok, over time. What do you think this sequence is trying to convey? Trying to tell us?

S = Over time it will go from a mixture of the two substances and over time they'll separate out in two different sections one just ? with carbon tetrachloride and it's kind trend that, ? seems like it's trying to explain that they separated we know ? because difference densities but it seems like it's really because just interactions on the molecular level, that kind of specific interactions cause they separated.

I = What is the difference between A and B?

S = A it seems kind be that between its all like a homogeneous mixture, B there's areas where is, like, ? on the top there's only water, but on the bottom there's a unequal amount in different areas on the mixture.

I = Ok. And between B and C?

S = Ann, it's showing that the, the different sections are now fully separated, the top is all water and the bottom is all carbon tetrachloride and in the middle they're separated distinctly.

I = Ok. So now, I want you organize these images like how do you think is the better sequence to explain to someone, what this story is trying to tell us. How do you explain that.

S = Ok.

I = Can you explain what are you thinking?

S = Sure, so in the start it's kinda, trying start with like a prediction like, like general ideas to more specific ideas, so it's going from the just test tube, better showing those two different substances than more specifically what the two different substances are, and now I kinda wanna go to showing what are different characteristics of these two different substances. So, I don't

really have proper to the order for this two, just kinda like this two next.

I = Ok.

S = Then, (pause, silence), it's not relating about the original idea of, the characteristics of these individual molecules in the context of the just two bonds again. And then kinda showing over time how they separate.

I = Ok. Can you explain in general for me what this story tell?

S = To me seems like it's trying to explain the property of charge, like partial charges, and how they causes molecules to interact wheter it's, the same molecule or different molecule and kinda relates on from the molecular level to I guess kinda, I don't know the word is, but like a more general level when we see like a test tube we can see fiscally we're interact with, it make me think.

I = In general, why do you think this two substances don't mix? Looking all these images.

S = To me seems like two reasons, one would be size of the molecules and two would be the partial charges, so, the carbon tetrachloride are bigger than the water and they also they're more neutral molecules cuase they don't have region of, like regions of specific charge densities, and because that, they interact very well together as compare to the water molecules which are small and polar and that cause ? to interact strongly with one another, but they two won't interact well with each other because these differences.

I = Ok. What image is possible to see that the size influence in this mixture?

S = Ann, this, this one. And, yeah. And then I think this image as well as the one over there explain the polarity.

I = Ok. Okay, anything else you want to comment?

S = It's all I kinda see out to me these pictures.

I = Do you think is difficult understand this sequence?

S = Ann, to me this sequence kinda make sense, but I'd say also make sense lot more if it has somebody explaining to you, like in ? education even you have a professor, who like they know the material like can explain it, I fell like the order doesn't

matter as much. Because they're able to explain it wherever way works for then, is ? able to affectively and clearly convey the ideas, I fell like for the most part of the students will understand. Of course I like, the general ideas we want order to

follows in a certain way rather than kinda like random, but in general, I give a specific, I give a small difference in the order, I don't think it matter as much.

I = Ok. Thank you so much for coming.

Estudiante 2

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = This interview is about an experiment when we mix two liquids in the same amount in a cylinder, water and carbon tetrachloride. This first image represent the result of this experiment, the phenomenon that occurs. I'll show you a sequence of images and I'll ask you some questions about that. Ok?

S = Ok.

I = So, first. What do you observe in this image? What do you think this image is trying to represent?

S = Ann, it seems just to be like a measurement a volume, ann, so it's that mixed carbon tetrachloride and water?

I = Yes, the same amount of water and carbon tetrachloride.

S = I mean know, looks like there's a divide in the middle, at 25 ml.

I = Ok. So do you think these substances don't mix?

S = It looks like doesn't ??? mix from the photo.

I = How did you see that they don't mix?

S = Just looks like there's a divide here like, in the middle.(student pointing on the image)

I = Ok. So now, what do you observe in this second image? What do you think this image is trying to convey?

S = Ann, something like, seems there's a partition like to separate, now there's up here (inaudível).

I = Which means these different colors of the balls?

S = Ann, different, different substances, different atoms, different molecules.

I = Ok. Anything else?

S = No.

I = Ok. And now, look the third, what do you think this image is trying to represent?

S = The composition of each, of this previous image, as just like these are two separate molecules and shows ok, this is what these molecules and this is what these molecules are. We see the structure the carbon tetrachloride and the structure of the water.

I = Now, look this image. What do you think about this image?

S = This image show us the polarities of the bonds, so the difference of the charge, partial charge, like this one indicates the net polarity of the molecule is not, it's not polar, it has differentiation between the size and polarity.

I = Which means these arrows?

S = Ann, the direction of the negative charge, in the bonds.

I = Okay. Anything else?

S = No.

I = These symbols. Which means?

S = It just, that show us it's kind of partial negative charge, it's delta negative, the delta negative that means a, and the delta positive charge, partial positive on the carbon.

I = Ok, so, next one. What do you observe in this fifth image? What it is trying to convey?

S = Ann, well, it ?? and again looks like, like charge density, so on the top here show us the red is a negative versus the blue is positive like here shows once again that like around its, ?? there's no like areas negativity so, let's ??once again macro, micro compared to that, which is like ?? just a ? water molecules. (Listen again)

I = Why do you think we have a dark red here and light red here?

S = Because there's some negative charge density in the chlorine atoms but there everywhere less dense where's establish much stronger negative sign.

I = Okay. Anything else?

S = No.

I = Okay. Now, what do you think it is trying to represent?

S = Ann, it added the images, that that divide the two substances meet, showing ?? organizing the negativities, I don't know, but there's like a line where they both ?? touch but they're not mixing, it is what looks like.

I = And about the other side.

S = Ann, the other side it shows like up here there's no carbon tetrachloride and down here there's no water, there's a clear divide.

I = And about the orientation of the molecules?

S = Ann, well, there's one seems like characteristics of, we know like, positive towards to a negative, there's like random but they are like (sword of??) organize, there's like a certain intra, intramolecular attraction. This one again matter less because they're like ?? (inaudível).

I = Okay. So next one. What do you think about this image?

S = Ann, it seems to, in my perspective, it's trying to show us relative sizes, I guess, the radius, the space, ?? such as like the water molecules smaller than carbon tetrachloride, ann, that like this provide like a comparison, I guess.

I = How can you compare the a and b?

S = I don't know, I mean, it doesn't really show there's much of scale for a and b, but b has a lot of water molecule and then so allows ?? comparison. But between a and b, I don't know.

I = Ok. Look this first image (first box). What do you think this image is trying to convey?

S = For this one? (pointing just a)

I = The a and b.

S = A and b.

I = Yes.

S = Ann, well, "a" like provides like this is without any interface from other, whereas "b" looks more like it's showing how the presence of the other like molecule, the same molecule could affect the charge, cause I want I ??? but this are being affecting by the other ones, shows like dispersion of charges.

I = Which means these different colors?

S = The blue means I guess like positive charge and then that like great area ?? can it like interacts with this like negative which is indicated by the red and then delta negative ?? . It seems to be what I'd say.

I = And about this one? (dipole-dipole representation)

S = Ann, something I, there's no like as much then induced charges, there's just like the red delta negative is interacting with the blue delta positive, electrostatic attraction.

I = Okay. And in this one?

S = It shows like specifically the hydrogen ?? that positive and it's interacting with the oxygen like the negative ??.

I = Which means this dotted line?

S = The line is just looks like,? interact with each other, It's what I would say. But the ones that like ?? like each other?

I = What is this interaction?

S = Ann, like electrostatic interaction, by charge.

I = Okay. And the last one.

S = The last one it shows a an induced dipole on the carbon tetrachloride by influence of the permanent delta negative dipole on the oxygen in the water, so it's ?? parts that negative is perching the charge over this side and causing its like positive on that side, it's the delta negative that interaction.

I = Ok. So, we have the last one. These images are a sequence of the same system over time. What do you think this sequence is trying to convey?

S = Ann, it's like, I see like that is the start and that is the end. So, but it starts it shows that, it seems to being ?? mixture of carbon tetrachloride and water, so there is a some ? like interactions between those, but over time it just like a homogenization at the top of the water, it's like a homogenization and in the bottom tetrachloride still like interaction happen in the middle but, as time progress in a very large time we get a complete homogenization on the top and on the bottom, there's like some interaction at the dividing line but there's very clearly like water on the top and carbon tetrachloride on the bottom because of the natures and the way they interact, I guess the polarity, like polarity of the molecules.

I = Okay. Now I want you organize these images like how do you think it's the better sequence, like if you have to explain to someone.

S = Like if I explain to someone. I have to explain like my logic?

I = Yes.

S = If I had to explain all these to someone, I main choose this first, just like in overall change ?, because it seems to be like the subject, we know like, what we trying to convey it seems to be the result, so I'd like to start and end with this, at the begging and at the end.

So we have like the idea where it's going, so at the end helpfully it will make sense to someone else. And then I'd like, then proceed with that, also like we can jump into that together, ann, cause that shows like ?? looks like and that shows, how it is possibly like, like we can mix again, the symbolic ?? represent ?? . And then following of course by this, because it's just an extention...So I mean then ann...these, actually possibly, these two together, because that provides like some water the size context for

these image could explain, so it make sense, so it provides like that relationship between these two images, kinda??, for present in that like ?? And then follow ? proceed with these two because that will provide the context, so you combine have these images presented first together and then these together too, and that will show you like, okay, that's why I come from so like, ?? . And then possibly like once again this image with this image, okay, so they you once again have that like the prior context for seeing ?? , you have that, and then finish with this so you can see that interaction, and then once again return to that one that have trying put all together and then have like this, cause they have ?? still have this in mind, and then be able to use all of these to figure out. It would be my approach. Is it making sense?

I = Okay, yeas, it makes sense.

S = Sorry for I speak too fast.

I = No, no problem. But in general, how do you explain why these two substances don't mix? Looking all these images.

S = So, I would, ann, I think a lot of people know like the knowledge like, the oil and water is very easy to see some ?, but I would using of course like this image specifically it's like, you can see that this one has that difference, but this one doesn't have that difference, so you can look at things that have the difference in charge, when like we mix with things that are the same, it doesn't have to necessarily be water but would be things we have difference of charge, but this doesn't have that difference, so, it's, it'll probably mix with other things that don't have that difference so, I mind, differ that explaining, I'd like to use an analogy, you know like, ann, ?? in my help to provide an example like, maybe we have, I guess certain group of people that, ann, when ??, I guess in this country because of the political system is like republican and democratic, we have one it's like a certain group and another ??

other group, and they're different people, but they have the same like, I guess, the over ? characteristics and because of that ?? together the same they have ? or fell like someone else likely to be friend then

interact with? or if is very different from someone else we cannot mix, like common, common?? we have between something it will mix, if we don't have that they're not gonna mix like, we have like an analogy.

But ?? I mean I'm not an educator, but it would be the best way for me, I think.

I = Ok Corey, thank you so much for coming, for help me.

Estudiante 3

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = This interview is about an experiment when we mix two substances in the same amount. We mixed this two substances in the same amount in a cylinder. So, this first image is the result of this experiment, the phenomenon that occur. I will show you some images and I will ask you some questions about them, ok?

S = Ok.

I = So, first, what do you observe in this image? What do you think it's trying to represent?

S = Mnn, it's clear, I don't really see much of this liquid. It's looks like a mixture.

I = Do you think there is just one phase or, what do you think? They mix or they don't mix?

S = It looks like they're mixed.

I = Ok. So look more carefully on the center. What can you see?

S = Ohh.. There's a line.

I = Ok, so this two substances don't mix. So, now, what do you think this image is trying to convey?

S = Mnn, It's showing the like the top part is this and the bottom part is that. And then, it's not mixed.

I = Ok. And which means these different colors?

S = So, it's like two different molecules.

I = Ok. Anything else?

S = Mnn, there's equal amount of them.

I = Ok. So, the next one. What do you think this image is trying to represent?

S = Ann, the top is water and the bottom is tetrachloride?

I = Carbon tetrachloride.

S = Carbon tetrachloride.

I = And what else can you see?

S = (pause) Mnn...I think if I was looking at this I'll think the red is water and the blue means ??...And they're not mixing.

I = Ok. Now look this one. What do you think this is trying to represent?

S = Mnn, it's showing the structure of the carbon tetrachloride and the water, and ther arrows that for, like, the electronegativity? And it would shows more negative and has a positive charge.

I = Do you know which means this arrows?

S = Ann, the electron that been point toward to cl.

I = Ok. And these symbols? Symbols delta minus and plus.

S = Ann, the over wall, the partial charge is negative I think.

I = Ok. In general what do you understand in this image?

S = Mnn, The chlorine is more electronegative than carbon and oxygen is more electronegative than oxygen and it's not polar, yeah.

I = Ok. Do you think this image is confuse or clear to understand?

S = No, I think it's clear.

I = Ok. Now look this one. What do you think it's trying to convey?

S = Ann, the same thing of this one, the other one, except this is so big like red circle it's talking and showing the water molecule and also and the same thing for this one, for the carbon tetrachloride, and it shows, I think like red electrons are being distributed where there ?, so I like think red is almost of the electrons toward.

I = And about carbon tetrachloride?

S = Ann, that is more evenly spread out, cause the color is all evenly.

I = Ok. So when you look this two images, what do you think about the connection between them? There is a connection?

S = Ahan, Yes there is. It's just like showing ?, when this is a bigger join of the structure in here.

I = When you look this two molecules, we need this one to explaining why the water has the dark red or...what do you think about that?

S = Yeah, I think the arrow it shows like what's positive and the hydrogen, the hydrogen is positive and the oxygen is negative, so there's two arrows going towards the oxygen, so I think where the electrons are going and this red arrow I think it's showing the over wall like direction where the electrons ?, and that's like, in the other picture applies more red in dark for this one, it tough evenly, like in the arrows it's not pointing to one direction, more evenly, and more spread out.

I = Ok. Look this one. What do you think this image is trying to represent?

S = Mnn, I now, has the for when they're mixed, like the barrier in the middle section, so shows that they're not in mix, because, and I think it's cause of the different electronegativities and polarity, I think, and ? why they're not mixing. I = Ok. And about of the orientation of the water molecules? You can see...

S = Oh yeah, like this one, the tetrahedron, and this one there's bent, and so, I think they're gonna like mix for ? like polar.

I = Ok. So, look this one. What do you understand when you see this image?

S = Mnn, the, this one is bigger than the water molecule, the carbon tetrachloride is bigger, and I think it's showing a comparison like how big it is, that's ? I'm going for I'm like the size mostly.

I = Ok. What do you understand, what's the difference between A and B?

S = A only has all water molecules, and B has four carbon tetrachloride and one water molecule. And they're not mixing, they're not...

I = Which it means?

S = Like, like they're not interacting with each other or mixing or baking anything, like.

I = Ok. Ok, anything else?

S = No, I don't think so.

I = Ok. So look this first box. What do you understand when you see this representation?

S = Oh, the partial charge is going be in the either side, like the positive is in here and on another, but down on the other one it's in the other side. So..

I = But, What happens, because here in A we don't have this different colors.

S = ? changed it, like the orientation.

I = Why do you think when we have two molecules that approach each other...

S = Oh, yeah, the positive and the negative attract each other, so like the two the negative and the positive charge, side, attract each other.

I = Ok. Ok, anything else?

S = For this one I think the negative side is getting join to the positive side the water.

I = Do you know what is this interaction?

S = Like bonding. Yeah they getting attract each other.

I = Ok. And about the second one?

S = I think this one just is being more exact, like, it's getting attract because of the hydrogen, the hydrogen is getting attract to the oxygen and the oxygen to the hydrogen.

I = Do you know each means this arrows, this dotted line?

S = No.

I = Ok. And to next one.

S = Yeah, like the same thing, but this, hydrogen tetrachloride its

distribution is different because now it's being more positive on one side because of the nearby water molecule. So it's getting attract to the water ? more positive and neutral compare to the negative, this really negative side of the water.

I = Ok. Now, look this sequence of the 3 images. It's the same system over time. What do you think this sequence is trying to convey?

S = Yes, so for this one, the first one "a", both the water and the carbon tetrachloride are being attract with each other, well so the water are being attract with themselves like the water part, I mean, hydrogen part is getting attract with the hydrogen part, also the water and the carbon tetrachloride and for B, it's showing in the middle again and it's the same thing but also showing the top, the top what are in there, the top ? the water, it's showing how it's getting attract to itself just different parts of it, so the since the electron distribution, so like polar go in one side it's, there's more electron like negative charge showing how the like, like the oxygen is being attract each hydrogen and on the bottom it's showing how there's some water like in the carbon tetrachloride and it's interacting and being attracting each other the positive and the negative side. And in the C, instead of like in A before they were together, but in C now they're completely separated, so they were attract to themselves, they're completely separated, completely separated mixture.

I = Ok. Now, I want you organize this images in a sequence like you think is the better sequence to understand what this happen, like if you have to explain for someone. I want you organize and explain to me why do you choose this sequence.

S = Ok.

I = Now, can you explain to me why do you choose this sequence? How can you explain to me why this happen?

S = So like I was a teacher Ok, I'll look that, that picture and it was help me they are or what molecules there are in there and then I would chose this picture to show what ? just as a model like ? two different types, and I show the next twos the actually water and carbon tetrachloride and then I would show this type the basically structure of water and like the size comparison, to the, yeah, water and carbon tetrachloride, and then, I would show this picture as what is going on in and like what it meant, and like what, what those meant, an then I would show this, to show that's why it's more red or clear because of this, this arrows ? , and then I would show this one because they're telling to that, so, it would be like it's why and it's not why they're mixing because of that, the the different electronegativities and then I would show this one to show like if they're interacting like a interaction. And then I would show again this one and this one to show actually like what's happening in the, in the like, in the beginning.

I = So, in general, why do you think this two substances don't mix? When you look all these images.

S = I think because the carbon tetrachloride charges are more evenly distributed but they don't ?, for water it's really negative on one side so, it's gonna one, it's gonna be attract to really positive side and then, it's gonna be attract with itself like other water molecules because it's polar like one side there's really negative and one side is positive ?, this really happen over wall like the bigger over wall charge, it's why I think they're not mixing.

I = Ok. Ok Dianne, thank you so much for participating.

Estudiante 4

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = This interview is about an experiment when we mix two substances in the same amount in a cylinder, water and carbon tetrachloride. This first image is the result of this experiment, the phenomenon that occurs. I will show you a sequence of images and I will ask you some questions. Ok?

S = Ok.

I = So, in the first image, what do you think that it's trying to represent? This image.

S = I like before, interactions happens.

I = We have two substances. What can you see?

S = For the different ones, or they're just one.

I = Do you think they mix or don't mix?

S = Ann, probably not.

I = Why do you think that?

S = Ann, it's kinda partition, but it's like one is on the top and there's one on the bottom. I would ? something similar? like some molecules so I don't know, but is like happens.

I = Ok. So, next one. What do you think this image is trying to convey?

S = Mnn, this is molecules in each part of that, so I mean, So the top would be, there's on the bottom what happen, contain that, so they mix and separate.

I = Ok. Which means this different colors?

S = Naturally ? which it is I don't remember, I know it's like specific I don't, or molecule or oxygen I think, I don't know ??

I = Ok. anything else you can see?

S = No.

I = Okay. So, the next one. What do you think this image is trying to represent?

S = It's going more specific to the top molecules are water molecules, and the bottom is carbon or chloride tetra?.

I = Okay. And about the geometry of the molecules, is clear to see that?

S = Yeah, I think so.

I = Okay. Anything else?

S = No.

I = Ok. The fourth one. What do you think this image is trying to represent?

S = What the molecules they are showing, but I feel like this shows ?better it shows a bigger image of the molecules plus it's trying like if it is positive, show the polarity of the molecule, so I think that's better than have ? molecule.

I = Ok. Do you know which means these arrows?

S = Ann, what it would be that carbon is pushing away, not pushing away but since it's positive it's going towards the negative charge I think, I'm not sure.

I = And this symbols, delta minus and delta plus, which means?

S = Ann, It's the electronegativity I think.

I = Do you think this image is clear, is easy, is hard, what do you think?

S = I think it is clear for someone to tells by, I think it what they like what the symbols meant pretty sure they'd be ? look the images ? (inaudível).

I = Ok. Ok. Look this one. What do you observe, what do you think this image is trying to represent?

S = Mnn, the molecules, just don't know what the this ? (inaudível), I'm not sure, but the other part a little bit means so, ? (inaudível), I'm not sure.

I = When you see this image, what do you think is the connection between that and this image?

S = I'm not sure what it's really demonstrating ??.

I = Ok, so when you look the water molecule, what do you think is the reddish means? The reddish color means?

S = Mnn, the oxygen is negative and it's representing that.

I = Negative?

S = The electronegativity, dipoles negative and hydrogen is positive.

I = Ok. And bluish color?

S = I think, I'm not really sure...

I = When you look the water, we see that the around the oxygen we have the dark red, and around of the ccl4

we have a light red. Do you know which represent that, which means?

S = Ann, maybe it's comparing that, I think, like the dark red is ? kind like, I'm not sure if it's talking about electronegativity, but maybe the ? trying the oxygen is more electronegative ?? (inaudível)

I = Ok. Anything else?

S = No.

I = Ok. So next one. Look this one. What do you think this image is trying to convey?

S = Ann, the right side is showing the top of the cylinder contains a water molecules and the bottom is separated from that. On the left I think it's pointing to, I don't know, like the line where they are properly touching but they're not mixing, it's kind representing like contains ?? (inaudível)

I = Ok. So the next one. What do you understand when you look this image?

S = It's, it's referent to the size of them, and then when you put b, so it has both I'm not sure it's trying to show and what they dont, they wouldn't interact with each other, but I'm not sure.

I = What is the difference between A and B?

S = Well, A just contain the water molecules and B contain just one plus the carbon, carbon chloride I'm not sure what's properly that, but, I'm not sure but that's a smaller space in B, so A is smaller than space B is.

I = Ok. So, look this one. When you look this first box, what do you think this image is trying to represent?

S = So, I think the first one it shows like the light red over it, and then in B it has a, light blue which is representing the positive and dipole and then the red is negative, so on the ? on the bottom it shows a the same thing for the water molecule, so, and for this..

I = No, just for the first.

S = Ok.

I = Which means this different colors?

S = So, for example, on the top and on the bottom like it that, it could...

I = What happens when two molecules approach each other?

S = Like ? but the interaction seems different...dipoles?

I = The blue means, what do you think the blue color means?

S = Ann, it's showing like the dipoles is positive, so it's probably polar, I think, a polar side.

I = Ok. And about this one? What do you think about this image?

S = Ann, well, it's showing the water ones and again it's, like I told in the first one, where you could, there'd part is interacting with the blue part, which is a negative dipole and positive one.

I = And in this one?

S = And in the second I think it's representing the oxygen, but could only collide with hydrogen, because are both ...

I = Which means this dotted line?

S = I think it's signifying they're gonna ? together, they can attract each other because it's all only way they could collide.

I = Ok. And the last one.

S = The last image would be the same except now it's a water molecule and another one and showing that the polar side which is like in the side one interact with the oxygen from the water molecule.

I = Ok. Well, I'll show you this two images, is a sequence of the same system over time. What do you think this sequence is trying to convey?

S = Ann, the first one it shows when they're put together to see if interact, the second image shows the 3 parts of it and the top it mean only water

molecules and in the middle they have other molecules along with it and on the bottom under continues more less water molecules then another one, so the last one which show that the reason of this experiment would be that, water molecules stay on the top of it and the middle they did mix with each other but they're put together ? water to the other one, so the bottom I mean contains carbon chlorine.

I = Ok. So, now I want you organize this images in a sequence that you think is the better sequence to explain what happens, like if you have to explain to me or for other person, what is happening in this system, why these substances don't mix, how do you explain?

S = I here should, it could be better to show this between these because? what they are..

I = This first?

S = yeah.

I = Ok. Why did you choose these two?

S = I mean to get a better a litter, getting a better understanding in what you are going to be using during the experiment, its showing that, ? how these images, so to me I think that will help a little bit more to see what it actually is.

I = Ok.

S = So, I would show this.

I = Why?

S = Mnn, to show that, for example, a picture would show the difference, there are different molecules on the top and on the bottom ?, and then it would show what they are, and then if you see what they are you already

know what the molecules are. I made a mess, I'm sorry!

I = No, no problem!!

S = I would now put this.

I = Why did you choose this sequence?

S = Mnn, I think it'd better to show maybe this before that.

I = Ok. Why?

S = Cause here it could tell suppose see that there are different polars, so I could show the difference in polarity with the dipoles of the positive and negative ?, the polarities, so you'd see this ? what it is, so, then you will show this sequence, that it has what's going on and I think I have a better understanding that, knowing that the, when they're put together. What I mean interaction ?? so get start? separating because because they like collide ? much. And I'm not sure where I put this two.

I = Ok. No problem. In general, how do you you explain why these two substances don't mix, looking all these images.

S = Mnn, Maybe the ... (inaudivel)...

I = What do you think is the most important thing to explain?

S = If the other molecule interact with water, maybe it's to, for example, who ?? polar or non polar molecules (ccl4), water would have a dipole moment, separating.

I = Ok. Polarity. Anything else?

S = No.

I = Ok Monica. It was very good. Thank you so much for participating, for coming!

Estudiante 5

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = So, this interview Sarah is about an experiment when we mix two substances, water and carbon tetrachloride, ccl4. I will show you a sequence of images and ask you some questions about each one. Ok?

S = Ok. Sounds good.

I = So, the first one, what do you observe in this image?

S = In, in the image?

I = Yeah.

S = Ann, it looks like a graduate cylinder filled with a liquid.

I = Do you think these two substances mix or don't mix?

S = Ann, I can really, don't.

I = Well, look carefully on the center.

S = Ok. So I see a line, so something is less dense is on the top obviously.

I = Ok. So, we know that there are two substances and they don't mix. And the second one, what do you observe, what do you think this image is trying to represent?

S = This represents different molecules or different atoms basically, the different substances by color I would say.

I = Ok. Anything else?

S = Ann, they are in the same state, so there are like two phases but they're in the same state, liquid state. I = Ok. So this is the third one. What do you think this image is trying to represent?

S = So this one it says like the top liquid is water and the bottom one is the ccl4. And each of this dots represents one of these things.

I = Ok. And what else can you see?

S = This one is bigger, the ccl4 is bigger than the water molecule, and different atoms.

I = Ok. That's good. So the next one. What do you think this image is trying to convey?

S = This shows polarity of the bonds, like the dipoles, so it's seeming that ccl4 is a non polar molecule because the partial charge is all canceled each other.

I = How do you know that?

S = Because of the directions of the arrows and then you see the little partial charge on the atoms, and see you know the negative charge is going on direction's arrows. And the positive side is like the other side of the arrow line, seem for the water molecule except this one isn't, ann, is polar because the, there's like a net charge pointing toward the negative toward the oxygen and it's because doesn't have like doesn't have all four, like this has four, so they all cancel and the geometry, but this one only has two and there in one side of the, of the oxygen, so, is like a net partial charge.

I = Ok. So do you think the geometry of the molecules influence the polarity?

S = Yeah, definitely, like depends if there alone pairs or what shape the different atoms take.

I = Ok. That's good. So this one, what do you think this image is trying to represent?

S = I think this represents the distribution of charge.

I = Why do you think that?

S = We've kinda led like there's the red represents a negative charge, partial negative field, like where the electrons are concentrated, so, in the

water molecule it's clearly one side which is also representing the last picture, and then this one they're all evenly space? out, so there's like a little electron...

I = Why do you think this happen?

S = This happens because of the atoms involved, so something like, this is balance, so it's like ? balance with the hydrogens, and also the hydrogens, I don't know, like oxygen is much more electronegative.

I = But why the ccl4 has a light reddish around?

S = Ann, because it still, Cl still be ? electrons, still, but they're spread out now, so, it's a light red color.

I = Ok.

S = They're just dispersed more evenly.

I = Ok. That's good. And the next one. What do you think this image is trying to convey?

S = This looks like it is conveying the point at which the two liquids are touching in here, so this is separated and this one in the middle where they're.

I = Ok. And can you see something about of the orientation of the molecules?

S = Yeah, so the, the water molecules are look like they're much more ? help together than the ? the ccl4. They seem to be interacting in the way they are.

I = Ok. Anything else?

S = When these are the polar ? when ? are the non polar, so, doesn't look like this really happens much, like the only partially be attracted to this but not does much.

I = Ok. Why do you think it happen?

S = Well, because the, depends what kind of molecule it is, so the non polar, there's going, it's not gonna like start hydrogen bonding or anything.

I = But do you think is there some interaction between them?

S = There are some, I think dispersion. So there's some, but, the force between the water molecules is much strong than like the water molecules to the ccl4.

I = Ok. So, the next one. What do you think this image is trying to represent?

S = This one, looks like it's representing size.

I = Ahan, but when you look these two sets, what can you observe?

S = So this, in "a" looks like it shows the ordering when multiples molecules are together. So it's showing the, like the partial negative and partial positive charges are attracted, and then in "b" they don't, just they become hanging out... I don't know if you can really tell what's going on in "b" as much.

I = Ok.

S = Doesn't seem like a clear order at the way that these are.

I = Ok. So, next one. For this first box, what do you think this image is trying to represent?

S = The first box would be, the interactions between the partial charges on different molecules. So this is partial negative side so the positive here.

I = But we have the same molecule here.

S = Yeah, these are the same molecules.

I = What does happen when two molecules approach each other?

S = So this would be, this is like the dispersion affecting again, so the electrons from one like partially when the molecules get closer, there's like a little repelling forces going on, so kind of it goes back for like, the the electrons from one are gonna kind of push everything in this way a little bit and seem these are pushing that way, so like there's bubbles out, on outside.

I = Ok. And about this one?

S = Ok, this one looks like this kind of line is gonna be the same thing is up here, and this kind of line looks like hydrogen bonding.

I = But here what type of interactions we have?

S = That one would be, what type of interaction?

I = Yeah. We have two water molecules interacting with each other.

S = Ahan, so that would be hydrogen bonding.

I = But and, do you know, here, what do you think? Which interaction do you think happen here?

S = Hydrogen bonding.

I = Why do you think that?

S = Ok, because one atom has a little dotted line to one atom. So that's basically how that would happen.

I = Ok.

S = Between the molecules, I guess this is overall dispersion again. It's like the overall charge on the side of the bubble, I guess, is attracted to the negative, partial negative charge on that bubble.

I = Ok. And for the last one?

S = The last one, so it's when you combine ccl4 with water molecule, they're not going to, these don't look like they're going to hydrogen bond because this...

I = The hydrogen bonding happens between each atoms?

S = It'll be between oxygen and a hydrogen and other oxygen, nitrogen or cl, nitrogen, oxygen...

I = Fluorine.

S = Fluorine.

I = Do you think it happens here?

S = Yeah, it would happen there.

I = Why?

S = I don't remember the rule, there's a rule about, I guess the hydrogen bonding can like, the hydrogen on here, oh, that's not a hydrogen, this is the hydrogen. So this has to be partial charge, it can be like ch4. Ok, so this is not hydrogen bonding because doesn't show the hydrogen on the other side. So it just be attract, attract forces between partial charges, I don't know how that's called.

I = Ok.

S = Dipole, I guess. Dipole-dipole or something.

I = Ok. Well, these two pages are a sequence of the same system over time. What do you think this sequence is trying to convey?

S = Ahnn, so this conveys the, in the first, in "a", everything is been mixed, and in "b" looks like the

molecules are starting to separate, so the water is trying to hydrogen bond and kinda exclude the other molecules and then by "c" everything is pretty much sword?, so that all the water molecules are together, hydrogen bonding and then the ccl4 is I just, I guess it's dipole-dipole interactions, which are strongest hydrogen bond.

I = Ok.

S = So just, it has, it gets time to like once the waters molecule make there way like find each other basically ?, push out the other ones they don't interacts well.

I = Ok. So, after you see all these images, how can you explain why these two substances don't mix?

S = I'll really explain it based that the ccl4 overall is a non polar molecule, and water molecules are polar and so, they don't mix because polar mixes with polar.

I = Ok. So do you think the polarity is the mean concept to explain why substances mix or not?

S = I mean, it depends of the substance, I think water special because of this, you know the hydrogen bonding and like the hydrophobic affects the ccl4s, like since we are talking about water and that seems to be mean thing involved, hydrogen bonding.

I = Ok. The last think I want you to do, I want you organize these images in a sequence that you think is the best sequence to explain for someone what this story is trying to convey, if you have to explain for someone.

S = Ok, well, what would be different for my ?the direction you did it?

I = Yeah...but you don't need to use all images, just what you think is important.

S = Ok, I would say, I think this, this one.

I = The first?

S = Yeah. It depends when I'm explaining until...I don't think we need this.

I = Ok.

S = I think that tells kind of just if you take a minute to look out it tell us things.

I = Ok.

S = Annn, I would use this one to show the reaction between the two, interaction between the two.

I = This one is suppose to be with this one, it's a sequence.

S = Ok.

(Student is thinking).

S = I don't think I really gotta this as well. This is important, so I can go, this actually also shows the same even ? this one, I would do this and then it like introduces the partial charges, polarity.

I = Ok, so can you explain to me this sequence?

S = Okay, sure, so first we know that we have two substances and that cylinder, one's water and one's ccl4. Then, we've got image that shows that water, or ccl4 has a balanced, like electrons distributed evenly essentially, for the polarity, and than water is clearly the all concentrated in one side. This is an explanation of why that is, so you can see each atom and the molecule, we have a draw, based on the electronegative of each atom, it shows which way the, the charge will be pointed, so ccl4 has all the arrows canceling each other out, you know there's no red arrow meaning that they all, the total is zero, and the net, like the net charge on the molecule, and then water, the water molecule does not, it does have a net dipole, so the red arrow represents that towards oxygen. Then, we see I guess I reminder again what that, in "a" what it's look like, for the ccl4 and in "b" we see how those different molecules won't interact, because still does have partial charge on each atom, but in the second role we see that affect is also present in the water molecule but in the second image because the hydrogens are exposed on the outside, it can form a hydrogen bonding, and then in the last one we see that the water won't hydrogen bonding with the ccl4 but it will still

interacting because it does has a partial charge to do something with. Then, what happens when we mix these, at first all the different molecules are ?, but they slowly they start to separate themselves as the water molecules have a chance to hydrogen bond, because that takes ? over the, just dipole dipole, and then

in the last one after it's given sometime, the two substances will totally separate.

I = Ok, that's good. It's a good sequence. Do you think it's possible to understand this story just with images, without text?

S = Ah, yeah, I think it's possible. I would say so.

I = Do you like to study with images?

S = Yeah, I'm a visual learner, it's much more helpful to me. For me I think it works.

I = Ok. Ok Sarah, thank you so much for coming.

A = Ok. That's super interesting.

Estudiante 6

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = This interview is about this material, we are elaborating to teach solubility, polarity and intermolecular forces. I want you read one page and I will ask you some questions about each page, ok? S = Ok.

I = So, this is the first one.

(Student is reading).

I = Ok Margaux. Could you summarize what this page is about, what did you understand?

S = It's like introducing why some substances don't mix with each other, and then why some do and so, it gives a example, water and carbon tetrachloride.

I = Ok. So, we know that this text is about two substances that don't mix. What is in this page that helped you to understand this phenomenon?

S = Ann, the pictures, like..

I = The pictures?

S = The visual, it helps me like remember things, there's a visual pictures or diagram charge, yeah.

I = And about the concepts, could you tell me a little bit more about what concepts are in this page that helped you understand, there is something...

S = Well, I mean, it's talking about two solutions that, with different properties, so because of these properties they don't interact much with each other, like tetra, carbon tetrachloride is like a very long molecule and the it shows it a very small molecule and so they have different molecular properties.

I = Ok. So, this is the next one.

(student is reading)

I = Ok? So, could you summarize in your words what this page is about, what did you understand?

S = It's giving more detailed to the different molecule structure of the two solutions and the polarities and bonding and charges of each different molecules in each solution, it's kind explaining, it's like seven in up to explain why they don't mix.

I = Ok. And what do you think is the most important thing to understand, for example, you talked about the polarity.

S = Probably the molecular polarity, but like, how the molecular polarity rises, like, why happens so like the different charges, electronegativity, show how the electrons distribution are.

I = Ok. Anything else would you like to tell?

S = I mean, it talks about molecular shapes which kind of like, it depending of the molecular shapes they will interact in the certain ways, so the shapes influence why they don't necessarily mix.

I = Ok. Ok. So, next one.

(Student is reading)

I = Ok. And now, what did you understand in this page?

S = So it's talking about how the molecular interactions ? like electrons distribution of the molecules and then also how the different dipoles in the molecules influence why they interact with each other and how it could ? the different dipole moments to determine the overall molecular polarity. The polarity ? the main fact that determines what they're, the molecules act with another, of the same species or different.

I = Ok. So, after you read this page, what helped you understand this phenomenon?

S = I just kind of, it's really, I just imagine ? the molecule and like how the charges, how about they will interact with, like other molecules of ..? or different so, like the molecule, it helps.

I = Ok. Anything else?

S = Mnn, I mean, the dipole moment, where there has a dipole and not kind of, ?, like valence electrons like, that molecule ??, but, I think that, I think the main point of this page was talking about the dipoles and how that influences.

I = And how can you determine the dipoles in a molecule?

S = The difference, the difference in electronegativity, so the ? the high electronegativity will, how the arrows point towards it and then, it just, it do that for all the molecules, all atoms and molecule and kind of like, ?, dipole moment of the molecule.

I = Ok. So, next one.

(Student is reading)

I = Ok. Could you tell me the mean ideas in this page?

S = Ann, so, I think it's talking about the valence electron distribution and molecular size, so like the differences between the carbon tetrachloride and the water.

I = Ok. What can you tell me about the size difference?

S = So, the carbon tetrachloride is like so much large molecule compares to H₂O, so they used to all in a mixture, the carbon tetrachloride molecules cannot interact as easy because the carbon tetrachloride is much bigger, like, could interact I guess between the molecules but

like a small molecule meets small molecules like the water meets itself. It's more easier for the water molecule access to more water molecules than for the water molecules have access to bigger, like carbon tetrachloride.

I = Ok. So until now, how could you explain why these two substances don't mix? With all these pages.

S = Ah, I'd say size difference, so, the, like the water can interact better with itself than with the carbon tetrachloride, just because I guess CCl₄ is so much bigger. The water has dipole moment and like strong polarity, so it's gonna be more attracted like ? to something that has another opposite charge versus the carbon tetrachloride it's a non polar molecule even it has polar bonds, so those carbon tetrachloride molecules will interact more with themselves than with water, and then like, valence electrons distribution, how that kind impacts like the actual charges on the different molecules, in gazed? the charge, in gazed? in the electronegativity, so.

I = Ok. That's good. So, this is the next one.

(student is reading)

I = Ok, and now, what did you understand in this page?

S = So, this one is talking about different types of bonds, and IMFs, so carbon tetrachloride is essentially non polar molecule but it can have like ?, like small dipoles, just because the random distribution of electrons and then if one molecule I guess has a really small dipole, once ? can like do that dominant affecting considering molecules to get there small dipoles ?, against each other, and then water is just a polar molecule has dipole dipole interactions in hydrogen bonding because of the polarity.

I = Because of the polarity? What do you mean?

S = No, because of the difference, the polarity and the difference charges.

I = Ok. So, what in this page helped you to understand this phenomenon?

S = Ann, I mean, I like the pictures cause I can kinda visually see what they're talking about and what they look like and then I can kinda imagine in my head..

I = Ok. And about the concepts discussed in this page, it helped you to imagine why these substances don't mix?

S = Yeah, I mean, I kind just like picture both these substances together and like, random in my head.

I = Ok. That's good. So this is the last one.

(student is reading).

I = Ok. And now, what are the main ideas in this page?

S = So, it's kinda like summing up why the carbon tetrachloride and water doesn't mix because of the different IMFs, and how these IMFs interact with each other, so if they don't, because these two substances don't have like overall the same IMFs, when they interact, they will interact and they will like mix temporally with ?, they could be more with each other where there configuration ?, is easier.

I = Ok. So, in general, after you read all these pages, how could you explain why these substances don't mix?

S = I, probably, I'd probably say like the two substances have different intermolecular forces that don't equal each other and so they like there, they don't like, but they better interact with themselves than with the other substances because can interact easier with themselves, and like, I guess it would be more favored because of they're different, like there different polarities, and charges.

I = Ok. That's good. So, the last activity, here I have the same images that are in the text. I want you organize these images in a sequence that you think is the best sequence to explain for someone what is

happening in this story. So you have to organize in a sequence and explain to me why you chose this sequence.

I = If you don't want to use all images, you don't need. Just what you think is necessary.

S = Ok.

I = So, why did you choose this sequence?

S = Ok, so, it's starting with the original picture like the two solutions like together and so ?, the two different ones and then what they actually meet of, and then, then I when, ?, looks like the polarities and they ? charges with leads to like how there dipole moments are ? because there electronegativity differences and electron distributions, and the polarity, and then this ?, this I had showed for like how the different IMFs interact because of the different polarities ? charges so like dipole dipole, h bonds, dispersion and then induced dipole and I kind just when back in this picture show that now I understand what types of bonding or each, so this is how look like, with different molecules and then like, this one I put here because it shows the interactions between the molecules in the same type with the higher IMFs and then molecules ?, but the same type and then where they mix and how they are mixing like, how the molecules interact ? and though eventually because of these interaction there are really favorable they're separated back ? into themselves.

I = Ok. So, do you think it's difficult to understand just with images without text, or not?

S = I mean, for me I don't think so, but that's just this is like fun for me. So, but I think I think I be kind of understand was kind like picture by picture scenario, so my ? consider a little easier.

I = Ok Margaux, that's it. Thank you so much for participating, for help me. Thank you for coming.

Estudante 7

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = So Elinor, I'm from Brazil and I'm doing a part of my research here, at UofA, we are elaborating a material for teaching chemistry and I want you to read one page and I will ask you some questions, ok?

S = Ok.

I = If you have some question you can ask, ok?

S = Ok.

I = So, this is the first page.

(Student is reading)

S = So, do I mean the answers or questions or..

I = Well, could you summarize the main ideas in this page?

S = There is basically talking about how there are some substances that like, are really really good mixing with other things and then other substances that aren't so good mixing with other things.

I = Ok. And we know some substances mix and other don't mix, but, could you tell me what in this page helped you understand that? Is there something you can talk about? What helped you to understand this phenomenon?

S = ?, because like I know it has to do the polarization, like, the molecule itself, but it doesn't say that.

I = No, just what is talked in this page.

S = I mean...

I = Is there some concept, something important to explain why these substances don't mix?

S = I mean, because they're, they're different.

I = Ok. This is the second page I want you read.

(student is reading)

I = So, could you summarize in your words what did you understand, what the main ideas in this page?

S = Basically the two molecules have different like structures and shapes, is the same thing. But they also have like different

electronegativity like distribution of it.

I = Ok, and how it explain the phenomenon?

S = It shows kinda like how they're able to fit together and like how ? they met up.

I = Met up?

S = Like puzzles pieces? Like, they interact with each other.

I = Ok. Anything else?

...

I = What in this page helped you to understand clearly, why these substances don't mix?

S = Probably like these two pictures.

I = Like, the structures?

S = Yeah.

I = What do you mean?

S = Like....

I = Is it important to know the structure of the molecules?

S = Yes.

I = Why do you think it's important?

S = Because like, I only see chemistry is like puzzles pieces, which is why I'm excited for ?, because things get together there. But, like, it shows much better puzzles pieces than this, so like, it can interact where, these things like ?, and even though like has the chlorine is on it.

I = Ok. So the geometry influence on the interactions.

S = Yeah.

I = Ok. So this is the next one.

(student is reading)

I = Ok? And now, what did you understand in this page?

S = So it's basically like talking about how charge distribution happens like, where partial charges go like on the molecule like, how that influences, how it reacts with other things, so like when H₂O like there's charges tending in a certain direction so it's like a polar molecule cause has ?, where's like with the carbon it doesn't really like, there's no charge different showed cause like evenly charge ? balance just...

I = Did the image help you to understand that?

S = Ahan, because you can like, cancel out like these arrows like

these arrows and then like it just like see everything ? (inaudible).

I = Ok. And in the second part? What do you think is important?

S = Ann, I mean when they're just like showing the partial charges like each of the molecules you can really tell that there's differences between them, and so like, just, it just, I don't know.

I = Ok, so when you look all you already read, what is new in this page that helped you to understand what this happen? To explain why they don't mix.

S = I mean like, new is like things that I didn't know?

I = What is not talked in the previous pages but helped you to understand now. What can you add in your explanation?

S = Ann, so like, it's started ? like kinda broad, like, cause it just like gave the mixture and then like it brook down so like the small parts of it like, so like, usual ? that there's two melt molecules on the first page and then like here you see like the geometric structures like, how that you can ? give like the structure of itself like the electronegativity and then like on the third page like, it break sit down even more like shows you how like the electronegativity like, the distribution goes around and then like.

I = Ok. That's good. So, this is the forth page.

(student is reading)

I = Ok?

S = Yeah.

I = So, could you summarize the main ideas in this page?

S = So it's basically saying the like, partially charges things like interact with other partially charge thing and then like size makes the difference come like, what is going to interact with, so like, the more interactions better can have in one time, big, the more is gonna be like that.

I = Ok. What do you mean about the orientation of the molecules?

S = So like with, here like the orientation on the middles of the molecules, so like here they're

mostly like interacting like, the oxygen up there where the charges are, depending like up here it kind just ? wherever and ? more like solid, there just more even ?.

I = Why it happens with the carbon tetrachloride molecules? Why they don't have specific orientation?

S = Cause there's no charge to up, so they don't like, so like, doesn't matter what side there interacting with like, there's no like charge, so doesn't have to be oriented in a certain way.

I = Ok. And about the size of the molecules, is it important to know about that? How does it explain why the substances don't mix?

S = Well, water is more likely of interact with like more water molecules because they have like the partially charge interact with each other and then like, it's difficult because, it's difficult for them to interact with like tetrachloride cause there's no charge for them and just kind like small and they can make a lot of..

I = Ok. That's good. So this is the next page.

(student is reading).

I = So, could you tell me what did you understand?

S = So basically when through kind of like, how they make up molecules, so like the combination like protons and electrons since ? gonna give away like, some charges in some point and so like, in the case of well it be like a neutral non polar molecule, there be points where like, once side of it will be slightly negative and in the other side it will be slightly positive, kind of the distribution of like charge over the molecule like, the dispersion forces and then, and like the non polar molecule no how, ? like induce dipole moments which is like, that moment where's negative on side and positive on the other and then kind of like, when ? have a polar molecule like, when two polar molecules interact of ?like, the dipole dipole interaction and just kind of them hang out together like.

And then like there's like, even deeper layer like hydrogen bonding and like how the, like, slightly positive and negative charges is ? like hydrogen atoms make like when those interact with the other one, like when the hydrogen atom is kinda like connect to like something else than hydrogen atom, it's like a hydrogen bonding and kind of like discussed like bonds takes energy to break.

I = So, after you read these pages, what helped you to understand this phenomenon, why these substances don't mix?

S = So, like, the non polar like, carbon chlorine molecules like, ? how like kind of make connections where's like we need get so like water, they have a ton of interactions so like takes more energy to like break those interactions. So like that's why there are bonding, we know, I'm getting lost.

I = Ok. It's a lot of information. So it is the last one.

(student reading)

I = Ok, so and now, could you tell me the main ideas in this page?

S = Ah, so it's basically goes there like, why they separated kind of like how H₂O can kind of force and then induced dipole moment, then kind of, give the example of what happens when you mix water with carbon tetrachloride.

I = What do happens when you mix them?

S = Well, they don't mix ?, and then like, the H₂O molecules like find each other and then like they bond and it's harder you know like break those bonds, so like, once there ?? go and find more, it's easier just break up, you can induce dipole moments on tetrachloride.

I = Ok. So, after you read all these pages, can you explain to me, like if you have to explain for another person, why these substances don't mix, what is the mean, what is important to know for explaining why these substances don't mix.

S = Well, this is the reason the Dr. Pollard hates me, because I ?

everything. But I did actually have to explain this.. (inaudível). And I basically just kind of like the relationship like, we have a boring person. So like carbon tetrachloride is super boring, then when you find somebody super exciting and how is like super cool, and want hang out with that, and water has a lot ? for, so like ? able before not bond, and then like, when this boring people is like, ok, well I guess I can hang out with you for a second, like, so like, the bonding is like the relationship so it can have like, strong bonds like hydrogen bonding like, they have to like force tetrachloride hang out with you.

I = Ok. I have a last thing I want you to do. Here I have the same images of the text. And I want you organize these images in a sequence like you think is the best sequence to explain this story, what this story is trying to convey and I want you organize and explain to me why you chose this sequence.

S = So do I have to use all the pictures?

I = No, if you don't want you don't need.

S = Ok.

I = Ok. So, could you explain to me why did you choose this sequence?

S = Well, the first you set up the system, it kinda like, see what's happening, then size because you know, size is easier to permit like, ?.. and then, fell like, it starts of like, talks about the bonds, so like, this is only the molecule where get size and its easier like, hang out with, and then like talking about like bond strength like, kind of bringing partial charges and then you look like the entire molecules as like the whole kind of like what those bonds would like, how like this and this like combine, and it shows what's happening.

I = Ok. Ok, that's a good sequence. Do you think is it difficult to see what is happening just with images without the text?

S = Yeah.

I = But do you think the images clarify when you were reading the text?

S = Ahan, I'm a very much picture person, but I need more than, like, I

need less words and more pictures. The pictures are good, but like, I still need the text and the context.

I = Ok Elinor, that's it. thank you so much, thank you for coming, for helping me.

S = You're welcome.

Estudiante 8

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = So, this interview is about a material we are elaborating, I'm doing a part of my phd here, in United States with American students and I want read each page and I will ask you some questions ok?

S = Ahan.

I = So, this is the first one.

(Student is reading)

I = Ok?

S = Ahan.

I = Could you summarize the mean ideas in this page?

S = The main ideas are basically describe why things don't mix, and they give some examples, carbon tetrachloride and like water molecules ? (inaudible).

I = Ok. And what in this page helped you to understand the phenomenon, that these substances don't mix?

S = Ann, I would say that ? towards of first part of it, it already give kind some examples, so ? thinking and now, I think kind of like, where it says kind of like explained why the different composition and structure, that was why they don't mix.

I = Ok. What do you mean about the structures? Do the different structures influence the substances mix or don't mix, what do you think?

S = Well, kinda like the how I was thinking, like the homogeneous like if they're more like, they'll tend to interact more.

I = Ok. Anything else?

S = Ann, I think like the overall like, I definitely do like, this picture over this one. Cause although it does show like this one that shows the separation, but I like between them is kind of, it's kinda the same picture but this one actually ? be more to be

? and describes prime ? particles from where. I would say that is more helpful.

I = Ok. That's good. So, the second one.

(Student is reading)

I = Ok?

S = Ok.

I = And now, could you tell me what did you understand in this page?

S = I understood a little bit more like ? more depth like why exactly, so initially they ask about structure but I don't like ??before depth about it and here it's kinda seeing the molecular structure and exactly how the molecular geometry would affects. Now I ?, but kinda like how the electron also influence how the different interactions between bond, different bonds are gonna ? things mix or not or other (inaudible).

I = Ok. And how do you think the geometry shapes influence the interaction between these molecules?

S = Well, it seems like it to ? geometry, structure where had lot do with it, now I thought but kinda like how molecules for involved whether is polar or non polar and whether they have partial charge or not, it seems basically if they didn't have partial charges and then when they will interact they ? won't mix well. As suppose to ? if they did, he gave some examples although each bonds in water, that's chlorine, carbon bonds, the chlorine carbon bonds although they were polar bonds, kinda like how overall polarity of the molecule was actually polar itself?.

I = Ok. Ok. And do you think, what do you think in this page helped you to understand, in general, to understand this phenomenon?

S = I would say that, this like on right ? then they was ? more like towards kinda first part, ? I would say here was more ? like the middle

part of ? kinda going to a more specific tetrachloride, and like tetrahedron geometry and then the atomic composition, so I would say that this, from the middle one ? equals well to ? but it doesn't make to complex, it kind describes how like the electrons will influence when they touch, but it isn't to specific then it's difficult for??.

I = Ok. This is the next one.

(student is reading)

I = And now, could you summarize for me what do you understand?

S = Ann, it kinda left ? beginning, kind of what even past it, it really give more ? depth about this specific information, but let I'm ? there are information there also affected it, such as, well, ? focus more on like, you know, the presence of the electrons, but in here really seem like it was not just a presence of it, but also have ? things for ?, that affected they. Overall I think that like these pictures were definitely helpful, the top ones I see that more help from the bottom ones, in my perspective, the bottom one, I think just because although like the bottom one it does show polarity like the region, I would say that like overall if I really coming into chemistry I can, I would say like, I only understand what the blue and the red mean, as suppose to here where seems like the arrows are pointing for directions.

I = Ok. So do you think is difficult to understand that representation?

S = I think like I've seen in chemistry, it's not difficult but I could see like if someone hadn't seen chemistry before, how it'd be like what's the blue part, what's the red part mean.

I = Ok. But when you read you can understand?

S = Yeah. Yeah.

I = But do you think this one is more useful? (first one)

S = I think just kind of like, because it's making the point of, like, how the dipole moments would kind affect it, some of the dipole moments and, well, like ?, gives ? kind of the dipole moments but the vectors, from the central area, so I like that.

I = Ok. But when you see these two images together, do you think do you need the first one to understand which means this electronic cloud, the colors?

S = I think I guess overall it does help, I would say that, I would explain about more what the dipole moments too, I? more what they mean, how they connect to like the color because overall like, when I ? to make almost to different ? dipole moments I mean, like color ? but I can definitely see where there ?.

I = Ok, and when you, now you read three pages, can you explain to me why these two substances don't mix? After you read all these information.

S = Two substances don't mix not just because of ? like density, but it's more like most because how they interact with one another, if they don't interact at all, because one is like here is been a non polar ? cause of the polar molecule, well, the polar molecules seems like to wanna interact with another polar molecules and the non polar molecules kinda get ? more, they don't interact with the ?, this is gonna be affected by the, primarily they gonna be affected by the bonds ???. And the after the secondary I think it will be the type of molecule, but can tends those bonds, if those bonds is gonna be the same polarity, they are gonna have the same dipole moments, they have the same dipole moments, than like, ? gonna have, they are gonna be non polar and the non polar not interact with the other polar molecules.

I = Ok. That's good. So, the next one.

(student reading)

I = Ok? And now, what did you understand?

S = I understood kind of, kind of more than just one molecule kind of, ? from one molecule until a set of molecules so seems like it's where are like about it, is ? it's go ? from kind of small kinda unto the bigger picture because here in this one it explains kind of how, it's not just one molecule but set in one system ?? how the structures would ???, in there or, or help interactions with other molecules, but in here it does present how molecules interact with one another, but just about the size, cause it imagine the size are more one the things like how many like molecules could interact with, cause those small water molecules ? more than carbon tetrafluoride, chloride, fluoride, and than after, because of that, cause a lots more I would say one interact with a lot with water molecules but the bigger one was able to interact with those many...

I = Ok. Anything else?

S = Ann, it kinda also kinda like where it's gonna , cause, I think it's like and then as well discussed like the differences on the molecules are charges, yeah. So, yeah, I would say like that long with like the charge distribution ?.

I = Ok. So, the next one.

(student is reading)

I = Ok. And now.

S = It went to IMFs basically in the Intermolecular forces, went to these molecules, it kind of from there, you is gonna, where is gonna ? like set ?,, like the face change, ? to the dipole dipole moments what affect the, the structure in touch, not structure but interactions and why the exactly those moments for, well ? about its ? also part of the idea like induced dipole moments but sure pretty confusing sometimes, kind of like the world, different types of intermolecular forces or power of the system like dispersion, IMFs, in dispersion, dipole dipole moments, induced dipole moments, and hydrogen bonding as well.

I = Ok. And could you tell me a little more about each one?

S = Dispersion is some ? area the molecule has and then one thing that the carbon tetrafluoride that's only one type of forces it's gonna have, and then because dispersion is basically give if you, it's the interaction turn ? of the molecule and the induced dipole happens they give you ? freeze, you are gonna freeze and at specific point kind of ? towards, there ? an evenly distribution of the electrons around and those ? like slight the dipole, slight change charge I guess, and ? towards (inaudible). It's basically what I would say, not towards hydrogen bonding, hydrogen bonding is, there is a chlorine and there is oxygen, there's oxygen, nitrogen, I think fluorine too like how they were able to form bonds with, not bonds but interaction with the molecules based on the charges.

I = Ok. And what in this page helped you to understand why these two substances don't mix?

S = I think the overall like, what really help me is, I think some was really, that I really

like about this page is that it put everything in terms that I can understand. This like dispersion, it's just saying dispersion is going on to have words were too complex for me understanding but it kind of describe what dispersion was and how it would affect things. And at the end, like, the same thing were, hydrogen bonding and induced dipole where not at the end but I really like how it presents a big picture, it's kinda like saying, ok like, that's I'd say like, if you are learning, like, that's ? learning, what I liked about it is kinda put it to a real world application that I was able to understand I think.

I = Ok. So, that is the last one.

(student is reading)

I = Ok? And now, what are the main ideas in this page?

S = It kinda includes the previous ones to ? saying, it's going pass the small, like, piece by piece, it shows,

well I ? entire story, this is talking about ? pretty small ? it sounds like how bigger and bigger and bigger, ?, this isn't following answers why, kind of it presents ideas ? different IM ?. Not only like how they like face change, or (inaudible), they're separated more ?, but also kinda like how about ? those molecules, how those molecules interact, so since, it doesn't seem like water, it doesn't mean water don't want to interact with the carbon tetrachloride, but it's water is gonna interact better with itself and doesn't with the other molecule, so, for that reason ? happen to interact because the ? of different IMFs, water is gonna have hydrogen bonding with other water molecule, with boths dipole dipole moments and as well dispersion, well, the other, well carbon tetrachloride only has dispersion too.

I = So if you have to resume, how can you explain in a general way, why these two substances don't mix, after you read all pages?

S = Two substances don't mix because they interact better with themselves than they do it with other molecules.

I = Ok. So, now, I have a last activity, here I have the same images that are presented in the text and I

want you organize in a sequence that you think is best sequence to explain the whole story. And I want you explain to me in general why you chose that sequence.

S = Ahan. So I have to use all images?

I = No, you don't have. Just what you want.

S = So, I gonna organize that here. So, these ones would be the last. First is going to be this one. The second one will be this one. Third one I actually this is the second one. I = Ok.

S = The fourth one will be this one. And... (estudiante conversa consigo mesmo). The fifth one and the sixth one will be these ones.

I = Ok. So, can you tell me what do you understand with this sequence? If you have to teach me.

S = Ann, well I think first one is kinda showing the things don't mix and ? like they really describe for there, to have separated the red molecules from blue molecules, describing that and then besides that they're also showing the structure of the molecules, the second one is going to the more depth ? the structure of the molecules kinda zooming in and describing kinda the dipole moments, ahnn, and they're kinda describing how those dipole

moments are gonna affect it, how it gonna affect the molecule, and ? well all keeping to perspective the things don't mix. The fourth one is well I mean to tell kinda like interactions water and other molecules and the after the fifth one is saying kinda like what interactions water has with water as suppose like to have the dipole dipole moments, hydrogen bonding and as suppose like water has a ? substances, the sixth one is kinda ? into a perspective like making it kinda bigger (inaudible). And then the sixth and seventh one they're describing how kinda water actually separated because they don't mix, because they have interactions with themselves.

I = Ok. That's good. Do you think is difficult to understand this story just with images? Without text.

S = Annn, just with the images I would say that in my ? pretty difficult. Because the text definitely helps, but I think whit the images presented is definitely, it describes a problem and then describes kind of the reason why.

I = Ok. That's good. Thank you so much, thank you for coming.

S = You're welcome.

Estudiante 9

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = So Alyssa, Let's start. This interview is about a material we are elaborating for teaching the solubility, polarity and intermolecular forces. I want you read each page and I will ask you some questions about that, ok?

S = After each page?

I = Yeah.

S = Ok.

I = So, this is the first one.

(student is reading)

I = Ok. So Alyssa, what can you tell me about this page? Could you summarize to me the main ideas in this page?

S = It shows me they're talking about why two liquids that are different wouldn't mix together in a homogeneous solution and it's not coming ?, it's just introducing the idea.

I = Ok, so we know that this text talks about two substances that don't mix. What in this page helped you to understand that? Is there something that helped you to understand why these substances don't mix?

S = Ann, probably the first picture, like it told as they didn't mix to the gasoline, they don't mix together and then it shows a picture of them ? one on the top of the other, that helps but, it's a lot of text for just saying that.

I = Ok. Anything else?

S = It's talking about how, part of the reason they don't mix because they're just not the same, they have different chemical composition and it's showing that ? they are different and the colors.

I = Ok. That's good. This is the next one.

(student is reading).

I = Ok?

S = Ok.

I = So, now could you tell me the main ideas in this page?

S = Ann, it first discuss how two atoms bond together by covalent bonds creates ? shape and those help decide how the electrons are distributed and like the polarity of it, and the polarity results from the electronegativity of the atoms and

the bond like is...yeah, so then the electronegative atom between the two has the partial negative charge, like fluorine usually have more partial negative plus the most electronegative and the bonds like...

I = But you talked about polarity, polarity of the bond, of the molecule?

S = Ann, it's the uneven distribution of the electrons of valence shell of where they're ? between atoms like in H₂O molecule, they go toward to O because they give their electrons.

I = And what it influences in the structure, the geometric shape of the molecules? What the distribution of the electrons around the atom influences the structure, the geometric shape of each molecule?

S = Well, I mean it showed molecule ? because their electrons are given ? come close ? (inaudible). I know how, like I know how ??...

I = Ok. But, is there more something you would like to tell about what do you think this page helped you to understand this phenomenon that these two substances don't mix?

S = Yeah, it's more ? the point than the other page, for ? from telling you about how electrons opposite each other, and there are repulsions to the geometry and how that affects polarity and polarity affects electronegativity and helps like understanding in like a compact way like all together instead of...

I = Ok. The next one.

(student is reading)

I = Ok? So what did you understand in this page?

S = Ann, it's showing ? and describing bond polarity and how that relates to molecular polarity, how they're, how the electrons are distributed across the entire molecule and the story talking about the bond dipoles and how if they're pointing the same way, if you can draw them and them cancel out on top with each other or if they don't cancel out then it's more likely a molecular, dipole moment, like a bond dipole and that it's a polar molecule and if they in general

cancel out then it say non polar molecule. Or if they do cancel out it's a non polar mixture.

I = Ok. So, and about this second part of the text.

S = Oh, the polar molecule like in H₂O molecule there's regions of negativity and regions of partial positivity like the O atom would be the region of partial negative because it has more uneven distribution of electrons around the molecule and if you shaded it's red and if it's partial positive it's blue.

I = Ok. So, what in this page helped you to understand why these two substances don't mix?

S = I think it have been introducing bond dipoles, before I've been really confuse in how they cancel out, because I've guess seem ? then draw over each other and so that's how I understand it, but there was like a clear, I didn't say that very clearly, and I understood really well this part where it talks about partial positive and partial negative ? distributed on the molecule.

I = Ok. So, now you, after you read these pages, three pages, how can you explain this phenomenon, why water and carbon tetrachloride don't mix?

S = Ahhn, because.. why they look like this?

I = Yeah, after you read, how can you explain what is important to know to explain this phenomenon?

S = Well, they have different molecular geometries which mean that they have different distribution of electrons, so they, water has a dipole and opposite the other one called carbon tetrachloride does not, so they don't connect at all because it's a non polar molecule and the electronegativity factors as well.

I = Ok. That's good! So the next one. (student is reading)

I = Ok? What did you understand in this page?

S = Ahnn, it talks about the regions of the partial positive and partial negativity like like in the last page, but it describes how this helps the water molecules interact with each

other and not with the carbon tetrachloride, like here in this picture. They ? are more attracted to the ? other atoms here, so they can all...?

I = Ok. What do you understand in this picture?

S = The H₂O just I mean interact with the carbon because there's no distribution of charge, there uniformly charges so they will kinda just ? each other but they're not really interact ? (inaudible).

I = And about the size of these molecules. What is the influence of that?

S = The carbon tetrachloride molecules are larger and so they, there's more ? shape it seems like, where anything else of the molecules...

I = What do you mean?

S = Well the water molecules are bent in a way ? they have different sizes but cannot interact others and smaller so, they can like interact really closely and the carbon tetrachloride are larger and they don't have any where to attract other. It doesn't really explain in fact how the size matter, just the distribution of.

I = Ok. Anything else?

S = No.

I = Ok. Next one.

(student is reading)

I = Ok, so what did you understand in this page?

S = There are three main types of interactions between the molecules, the first is dispersion forces, it's dipole dipole moments and the third is hydrogen bonding, the dipole, the dispersion forces is when the molecules get really close to one another and there's just instantaneous, kind of interaction because the protons and electrons in each molecule kind of, coming together and it's not super strong but it's the type of interaction that non polar molecules can have to one another with other molecules, but with dipole dipole interactions it can be between two polar molecules and it is much stronger than dispersion

forces. And it's those, the permanent dipole moments allow that happens and then hydrogen bonding is even stronger where the hydrogen was connected to like O or F or N, yes, can connect to N, O or F of another, it's not actual bond but interaction.

I = Ok. And what in this page helped you to understand why these substances don't mix?

S = Ahnn, a lot of it was the last sense, I really it's rain down here, but the ? forces the each of the molecules have a harder ?, and dispersion forces are the only things that H, O, N and F, carbon tetrachloride have in common and so it's more likely to stay to itself with both hydrogen bonding interact how dipole dipole moments than to break of art for just ? dispersion forces than to the others.

I = Ok. So, the last one.

(student is reading)

I = Ok? And how can you explain to me the main ideas in this page?

S = It's just summarize of ? what was explaining in the other pages where the water molecules are just small and they have so many different types of interactions, that are stronger than the CCl₄, that they're more likely to stay together and it also said that even the mixture were shook ?, create a number of collisions what is eventually separate back out? water molecules comes in contact with another one

able to get together instead of the ? with ccl₄.

I = Ok. So, in general, after you read all these pages, how can you explain why these substances don't mix?

S = The same thing again, but, it's okay. The water molecules just they have so many more, there are dipole dipole, the permanent dipole moments but they just interact with each other along with the distribution forces and the hydrogen bonding is strong and they get really close together because of their size and ccl₄ molecules only have dispersion forces between themselves and so they can interact with each other and with the water molecules but eventually water molecules are gonna stay together.

I = Ok. That's good. So there is more one thing I want you to do before you leave.

S = Ok.

I = I have here the same images on the text, and I want you organize this images in a sequence like you think is the best sequence to understand. If you don't want to use all images you don't have to. And after you organize, choose this sequence, I want you explain why you chose this sequence.

S = Ok.

I = Why did you choose this sequence?

S = Ok. I left that one out because it's the same of the first one. So this

one shows that they're different, the two are different and this shows how, like and actually illustrates, and so this one shows the interacting like they together, how they look independently, and then how they will actually look in this solution. And so if you look at the, this is talking about the partial positive and partial negative that's one reason that they wouldn't mix. That one talks about the size so that another reason that they don't mix. This one has more ? the dispersion forces between these two and how it also has dispersion forces also dipole moments and they would interact but it's not strong. And so it talks about dipole dipole and how works with overlaying. And then this is so like using those, like, you can shook up like, that's all dispersion forces it's eventually the molecules start coming back together and eventually they'll end up separated again.

I = Ok. Ok. And do you think is possible to understand this story with just images, without text?

S = For me it's not. It will be really difficult cause I like to read and then look at the images to like really understand what's going on. But, the pictures help a lot, I think just text will be pretty hard.

I = Yeah. Ok Alyssa, thank you so much.

S = Ok.

Estudiante 10

(I) = Interviewer

(S) = Student

I = So Sima, this interview is about a material I'm elaborating to teach chemistry and I want you read this text and I will ask you some questions about each page. There are 6 pages, ok? So this is the first one.

S = Ok.

(Student is reading)

I = Ok? So, could you summarize the main ideas in this page?

S = Ann, first like, some chemicals or substances do mix and others do not and it really explain why so far,

but it depends like, it said something about like different, like they have different composition and structures and the water and carbon tetrachloride do not mix and I think they're just about to explain it in the next couple pages, I don't know, yeah.

I = Yes. It's an introduction.

S = Yeah.

I = Ok. And is there anything else you would like to tell?

S = Ann, there, no, just like these differences in their composition and structure, yeah, it's just an introduction and that says some mix and some do not depending, well

they have to say something about that.

I = Ok. So, this is the second one.

(Student is reading)

S = I think I'm done. Usually what I do to understand this I usually takes me a little more time because I will write notes for like...

I = No, no problem. You can just talk about what do you think is important, what do you understand.

S = So, for now the mostly talked about the electronegativity and like it depends on like, like, it, the electronegativity is like the, but there's more electronegative atoms than overs and when they're doing

covalent bonds, the structure is like depending on the electronegativity, so like, whenever has like a partial negative it means it's like more electronegative than when one is partial positive it's more positive charge and the electrons charge spend more time on the electronegative side.

I = Ok. And when you read about the structure, what do you think is important to know, what the structure of each molecule is important to understand why they don't mix?

S = Ann, I think what's important is like the geometry is kinda, I think it's based on where the electrons, like the electrons are going towards which is like the atom, which is more electronegative so the structure is kinda depending on that, so where, I think where, it, I think it's like do more electronegative it is like, it depends on that for not mixing and that's what the structures depend on too.

I = Ok. This is the next.

(student is reading)

S = Ok.

I = Ok. And what can you tell me about this page?

S = Ah, so this page is talking about dipoles and how bond dipoles show like what, like how, how polar and non polar is and when two dipoles or going on different directions it cancels out because when, if it's, yeah, equal and then like positive and negative cancels out, even when it goes in the same direction they adds up, which means the more like, it adds up when she's not equal to zero but the more like non polar it is, which is why water is more polar than this one.

I = Ok. That's good. And when you look the second part, what do you understand?

S = Which part? This part?

I = Yes. Related to this figure.

S = Related to this figure?

I = Yes.

S = Ahh, So, I think it is just talking about how the like, the hover labeling, which is negative charge

and which is positive charge, and so for saying that, since it cancels out ? saying that the valence electrons or like more distributed across that, which is making it non polar and they're saying that like, yeah, this color in this textbook is gonna be representing negative charge well the positive is gonna be ?.

I = Ok.

S = Yeah, even, yeah I think there's just like, it's like, yeah, I think that's it.

I = Ok. So, after you read these three pages, how can you explain why these two substances don't mix?

S = Ah, why they don't mix?

Because it's mostly saying that since when ? mix polar and the other one is non polar, their, their structures and like their polarity don't let they mix and I think that's ?, it's just partial negative and partial positive, it's just the more like bond dipoles that cancel out the more like non polar is, so they wont mix with the polar one.

I = Ok. Next one.

(student is reading)

S = Ok.

I = What do you understand in this page?

S = Yeah, so they're talking about how since the since the we've seen in the last page, since like the bond dipoles, there's a bond dipoles ? equal to zero, it's ? zero water molecules, so when they're non or polar, so that means that some parts of the, some parts of the molecules are partial positive and some parts is partial negative, so ? like the whole thing like the water molecules will orient itself to the other molecules, would the partial positive giving attract to partial negative partial negative partial positive and that's how they give like this fix structure, but then for the, I keep forgetting, carbon tetrachloride, it's not, it's non polar so they don't have a specific orientation and you, not as, like the water is more attract to itself because it's more polar to itself and the carbon tetrachloride is just very no orientation and also they went

into the size of the molecule, they said the bigger sizes like less different like places you can do like connect with over molecules so the water is more able to like find other water molecules and connect with each other because they used smaller size, so that's why they're more attract to each other.

I = Ok. And why do you think the carbon tetrachloride don't have specific orientation?

S = Oh, because they're talking about how using non polar wont be able to like get attract to some?, like, like the partial positive and partial negative is what makes some attract to each other, so if it's non polar and it's neutral all the ?, there's nothing to get attract to, there's like small attraction and not at all where, like because like the polarity is wont mix ? and attraction.

I = Ok. And what in this page helped you to understand this phenomenon, these two substances don't mix?

S = Ahh, these two, so like, what I think so far about these two substances, why doesn't mix?

I = Yeah. After you read these pages.

S = So far, I, I'm starting to understand, I think it's because the water molecules since they're more polar and then smaller size would ? the circle the water molecules, and the carbon tetrachloride is, it's, they gonna be by themselves because the water molecules is the ones who's like controlling it right now, so ? the one to like seeking to themselves forever than the carbon tetrachloride, which is why it mix, even, yeah, yeah, I think that's, I think it's because like since of the polarity it's gonna under a small size, are gonna mostly stay to themselves.

I = Ok. So, the next one.

(student is reading)

I = Ok? Could you tell me the main ideas in this page?

S = Ahh, this one is talking about dispersions, dipole dipole moments, hydrogen bonding, and how they all contribute to the, like like how ? the strength of the force between them

in the attraction and how like the more forces the more energy is required and between non polar ones they don't have a permanent dipole, they just have ? dispersion where it can create instantaneous dipole where sometimes is electron to ? like be in one region of the molecule then in the over, so when like this is like equally dispersed but so ? even ? instantaneous dipole which affects the ones next to it making more instantaneous dipoles, like it's still non permanent dipoles the non polar ones and also hydrogen bonding and hydrogen bonding also affects the polarity of the molecules so far that's what I'm getting.

I = Could you tell me a little more about the dispersion forces? How it happens?

S = How like the partial negative and positive happen?

I = What happens when two molecules approach each other? Two non polar molecules.

S = Non polar, I'm not sure like, I don't know when this instantaneous dipole happens, I just know, I think it just explains how they sometimes electrons ?, sometimes electrons I don't know why but they are favored this one region more sometimes and then this creates an instantaneous dipole but, I don't, I don't know, I don't know they told us but I didn't get like why this happens and why there's dispersion.

I = Ok. And what in this page is helping you to understanding this phenomenon?

S = About of the mixture?

I = Yeah, about the mixture.

S = Ann, so far I feel like I got the same amount from the last page, it's just talking more about the non polar and how there's more like different types of bonds like hydrogen bonding, there's dipole dipole, there's dispersion and the, the strength of the attractions between them, but I wasn't sure if ? really go to like like why still not mixing for, it like extra information about that, it's just why non polars, not about non polars can have dipole moments

too, but, I'm not sure how that works for mixing so far.

I = Ok. The last page.

(student is reading)

S = Ann, for this one they kinda explain where the dispersion comes from, it comes from the water molecules, permanent dipole moment which been ? the like in the between the mixtures themselves it causes the electrons move towards the water molecules in the, in the carbon, the ccl4, and so this is what creates the dispersion which been keeps like going like a domino effect keeps going to each ccl4 molecule make the instantaneous dipole moment for each one. So it's saying that because the H, the H2O there are hydrogen bonding, the dipole dipole and there dispersion keeps them together over the ccl4 like the dispersion is what keeps those together, and the reason why they don't mix is because they, like they don't, like I think I'm not sure why but like they need, this interaction is? this interactions have to compete with the interactions between the other molecules but I was thinking the ccl4 molecules they have like smaller attraction and I but I guess the water molecules since of their small size and their larger attractions would ? go with themselves more than, but again ccl4 is dispersions forces which is why they're separated and whenever, and if you mix the solutions they so gonna be separated after, after you leave for a long time because they H2Os are gonna find themselves again even create this mixture by themselves and that's why they separate again.

I = Ok. So after you read all pages, in general, how do you explain why these two substances don't mix?

S = Ahh, in a general way I would say it's mostly because of how polar and non polar they are, if, like, the more like like, it there's like, if there's a non polar and there's a polar solution, the polar solution is gonna likely stay with itself and the non polar would like to stay with themselves, but like, I don't know if

it's between two polars then it might mix because the polarity can connect, it'd be attract to different, to different types but, since it's just non polar ? stay with the polar ones and it's, I think it's mostly because of the polarity caused by the hydrogen bonding, dispersion and the dipole dipole moments.

I = Ok. There is one more thing I want you do. I have the same images that are in the text here, and I want you organize these images in a sequence that you think is the best sequence to understand this story. And you don't need use all images, just what you want and I want you explain to me this sequence.

S = Do you want the sequence of how like like how it will be best to explain someone why they don't mix?

I = Yeah,

S = Ok. (Student speaking with herself). So it's just showing the different solutions and how there two different ones. And, orientations...Ahh, this is showing the sizes. It's showing the atoms the molecules. I think this is showing the polarity of each one, because it's pointing of the more negative side and, and this is like more neutral, that's more under the top of that even. I would go...

I = This one is supposed to be with this one.

S = Oh, these two? Ok. This is like making all like together, like over time. Oh, it's the over time one. And then, this one is ? to the dipoles, I will put this one, this one next I think, I know this...I'm not sure. And, it's gonna be, it's kinda go to this, I think it's showing the size, I'll put, this one the dipoles since we already talked about. I would, I would put even the size at the end or in front of this one, so I could put this, I think I like this here in the beginning and then the dipoles.

I = Ok. So, tell me the story. What is happening?

S = Ok, so, this one is showing, so how would me to tell, like in a story way or like explain how they don't

mix at the same time. So this is the regular test tube of liquid we don't know about, then it shows, here there's a separation, so this one has a different type of substances than this one, so this is showing, I think this is just showing that they're not mixing together like, they not combine, like there's a mixture but separated mixture and then it's showing what which particle is like it's this molecules contains oxygen, hydrogen, chlorine, carbon and for this one now over showing the, I think they're showing the different sizes or different like, how they work together, this is showing that the all the H₂O's are up here and then carbon chloride on the bottom, and they don't mix together, so I think I don't know, but so far, particles showing what type they don't mix, now they're showing the different type, they're showing the different sizes of each one, this one has a smaller, H₂O has a smaller size and CCl₄, and how this is weigh ? H₂O, so the size matters, the h₂o ? been ??, the h₂o would have more diverse

different like more h₂o is being in touch to it but being able to touch to this other molecules. And this one is now showing the polarity of each one, how the size and the polarity contributes to why they don't mix together and the more electro, and this is showing but it has a polarity like negative side and a positive side, this one showing it, just neutral, so this is non polar and this is polar, and then here now it's gonna how like it's more detail description of that and like how the dipole moment and this one is equal to zero which means it's neutral, non polar, this one is not equal to zero which means it's polar. And then for this one it's now showing the different types of bonding, the dipole dipole moments, dispersions and hydrogen bonding I think, and it's showing about ? bonds contribute to how look non polars, dispersions than instantaneous dispersion how they, or how I have an attraction to each other well H₂O's have always different stronger attractions than and that's why it's

more favorable to each other. And this one is just saying it kinda some ? everything is overtime, you even you are mixing then, if like, if still mixing together, they so find each other like go find each other, after all, like dipole dipole molecules induced like be more attract to each to themselves.

I = Ok. That's good. Do you think is possible to understand this story without text?

S = Ann, no. I would, I would, I think like I would understand everything, except, og, actually, it could, it could happen, I think this one is kinda confusing, maybe they realize that shaking it and mixing it together, but I think everything here is ok, this one is kinda confusing the size and I this one is kinda confusing. But we need legends. This one kinda like shows what? , like shows the partial negative and partial positive even, Yeah, I think it's only some images, but everything else is good.

I = Ok. Ok Sima, thank you so much.

S = You're welcome.

Estudante 11

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Este trabalho é referente a um experimento quando a gente mistura duas substâncias, que é a água e tetracloreto de carbono. Eu vou te mostrar uma sequência de imagens e devagar vou te perguntando o que você ta é observando, como que você me explica o que que ta acontecendo aqui, sempre pra identificar o que acontece quando você mistura estas duas substâncias, ta? Então, esta primeira aqui é uma proveta que a gente misturou a água e o tetracloreto de carbono. Que que você observa nesta imagem?

A: Ta transparente por causa da água e o....

E: Você acha que estas duas substâncias se misturam ou não misturam?

A: Misturam.

E: Misturam?

A: Deixa eu ver se tem precipitação.

E: É um pouquinho difícil de ver porque elas são transparentes.

A: É, eu acho que elas misturam porque, não ta dando pra ver bem se tem precipitado ou não.

E: Você consegue enxergar alguma interface entre elas ou não?

A: Ta bem..ta parecendo uma só mesmo.

E: Ta parecendo uma só então. Então agora quando você observa essa segunda imagem, o que você consegue identificar?

A: Da pra identificar pequenas, digamos, precipitação?

E: O que você acha que significam estas bolinhas coloridas aí? O que elas representam?

A: É, um pouco do tetracloreto não dissolvido? Não ne?

E: Olha só, vamos identificar aqui, você enxerga alguma coisa bem no centro?

A: Sim. É tipo uma separação.

E: Então isso significa que elas não estão se misturando ne? Observando desta forma, existe duas fases aí.

A: Ahnn, sim. E eu pensando que isso aqui era o erro da folha.

E: Achou que era de impressão né?

A: É. Achei que era.

E: Se a gente fizesse o experimento talvez você iria identificar mais fácil que na imagem que elas não estão se misturando. Então as bolinhas coloridas, o que que elas representam?

A: Ta na mesma quantidade né. (silêncio)

E: Você acha que elas representam substâncias iguais, diferentes...

A: Elas estão no mesmo ponto ne, tanto de uma substância quanto da outra. (silêncio)

E: Que que você ta pensando?

A: É, to meio...

E: Assim, bem simples, é simples, o que que representa, por que que tem uma parte colorida em cima e outra

em baixo, bolinhas com cores diferentes.

A: (silencio) To com umas dúvidas ai, eu pensei que era uma coisa, mas acho que.

E: Ta bom. Então vamos ver essa terceira aqui, agora eu acho que vai ficar mais claro. Que que você entende por esta representação?

A: De cada partícula, tipo de, cada bolina dessa seria uma partícula de H₂O ou do tetracloreto?

E: Isso. A gente consegue ver que elas estão separadas e existe mais alguma coisa que da pra identificar, quando você olha, por exemplo, nos desenhos que representam as moléculas, o que que a gente identifica, o que que é fácil observar? O que que diferencia uma da outra?

A: Que elas tao bem separadas e...(silêncio)...

E: Pode ir falando o que você está pensando. Você falou que elas estão representando então a, as moléculas então representam estas partículas ne?

A: Isso.

E: Mais alguma coisa?

A: Não.

E: Ok. Vamos ver a próxima. Se você quiser ir colocando assim, numa sequencia, que aí você vai vendo o que ta acontecendo. Agora e nesta quarta imagem? Aqui a gente viu

A: Que são separadas.

E: que tem uma estrutura cada uma, aí agora a gente já tem uma explicação..

A: que já mostra mais ou menos qual o tipo da estrutura, da geometria e do arranjo de cada uma.

E: Ah ta, e você pode me falar um pouquinho sobre isso? Sobre a geometria, o que que da pra identificar com estas setas, o que que significam. Pode ser de forma geral assim, não precisa falar detalhes.

A: Tipo quando tá, a seta quando ta pra cima o polo, o elétron vai...

E: Isso mesmo.

A: Mas deu um branco aqui. (fala muito baixo) Ele ta saindo do carbono e indo pro cloreto. E aqui a

mesma coisa só que saindo do hidrogênio e indo pro oxigênio.

E: E isso diferencia, faz as moléculas serem diferentes, terem um comportamento diferente? Por que que elas não se misturam, isso influencia?

A: Influencia, influencia. Porque é...

E: Quando a gente pensa em moléculas, assim, substâncias quer dizer, que misturam ou não, a primeira coisa que a gente explica porque que elas misturam ou não, que vem na nossa mente. Tem algum conceito, algum conteúdo que a gente mais usa assim pra isso?

A: Se elas se misturam é que elas são, vamos dizer, os dois, as duas substâncias, vamos dizer, tem uma certa combinação uma com a outra e dissolvem.

E: Isso, mas ai, tipo, a geometria assim, o arranjo delas você acha que influencia nisso? Elas misturarem ou não? Aqui por exemplo a molécula de tetracloreto, a gente vê que as setas estão sempre indo pra fora, e aqui na água a gente vê que as setas estão indo pra dentro. Isso, como que a gente observa isso, que que isso influencia na molécula? A gente sabe que elas, é igual você disse, elas estão à direção dos elétrons né, os elétrons estão indo em direção do cloro e aqui em direção do oxigênio. Qual que é o resultado disso nestas moléculas?

A: (silêncio)....

E: Você já estudou alguma coisa sobre polaridade?

A: Sim. Ahhh....Quando...Ah, eu vi isso ontem, eu tava dando uma estudada pra... A, quando eles se juntam, negativo com negativo, são apolares, no caso, os dois serão apolares, não?

E: Por que que você acha isso?

A: Porque quanto tem ...essa aqui eu ainda to em duvida...

E: Pode falar. A gente sabe que elas são diferentes, elas não estão se misturando, então elas tem características diferentes. A gente vê que aqui as setas estão indo pra fora, aqui ta pra dentro, então a gente sabe

que elas vao ter comportamentos diferentes.

A: Eh, mas quando tem tipo, dois hidrogênios, ah não, mentira, todas as duas vai ser polar. Por causa tipo, quando tem dois hidrogênio, eles não se misturam com o oxigênio, no caso, com um só, aí não tem como cancelar, então seria polar.

E: Aqui seria polar, ne? E aqui?

A: Cloreto com cloreto. Também, por causa...(fala muito baixo). Eu não sei se o carbono reage, eu não terminei de ver essa parte, que o carbono, mas eu acho que, como o carbono não tem, ta só...

E: Bom, a gente viu, que você falou, que a molécula da água tem característica polar, ne, vc concluiu. Agora, como a gente sabe que elas não se misturam, provavelmente o tetracloreto vai ter uma característica diferente.

A: Sim. (Silencio)....

E: Existe formação de polos aí nesta molécula? De polo elétrico? Ou eles se somam, ou se cancelam?

A: Então, esse aqui é positivo, esse com esse cancelam, somam...(Fala muito baixo). Entre os cloreto vai ser uma soma. E como o carbono, mas o carbono não pode cancelar o cloreto né, então creio eu que...

E: você acha que ela é polar ou não polar?

A: (Silêncio)... De uma certa forma ela é igual a molécula da água por causa, umas são positivas e o carbono positivo, só que ao contrário.

E: Só que ao contrário.

A: Eu to em dúvida.

E: Ta. Então vamos para a próxima. Aí você vai identificando com novas informações. Aí agora a gente tem essa aqui. A gente já tem um pouquinho mais de informação aí né. Que que você acha que ta representando nesta imagem, o que ela quer transmitir pra gente? Aqui por exemplo a gente só tinha as bolinhas, mostrando qual que era cada uma, aqui a gente já foi tendo noção da estrutura, geometria, e aqui nesta quinta imagem?

A: Como ela é formada, como ela vai reagir....

E: Que que você acha que significa essa cor que está em volta destas moléculas? Ta vendo que tem uma cor forte aqui ao redor da molécula da água, um azulzinho mais claro, e aqui a gente tem uma cor mais homogênea ao redor de toda a molécula de tetracloreto. Que que significaria essa representação, essas cores por exemplo, o que elas representam pra gente? Quando você olha para esta quarta imagem, você ve as setas, o movimento delas ne, existe uma relação com estas cores? O que isto indica pra gente?

A: Como ela ta sendo polarizada dentro da de cada molécula, e como tipo, no caso os hidrogênios são, como dividem né, e aqui já mostra que tipo, a substância ta quase toda, digamos, se misturando? Não é bem isso.

E: Se misturando? Como assim?

A: Não, não é bem assim, por causa que é uma molécula só.

E: Você acha que tem alguma relação com a eletronegatividade desses átomos que constituem as moléculas?

A: Sim.

E: Por que que você acha que aqui na molécula da água a gente tem uma parte que é vermelha? Que que indica essa forte coloração aqui, perto da bolinha vermelha né, que seria o átomo de oxigênio. Existe uma concentração de algo aqui, o que que seria essa concentração?

A: (Silêncio)....

E: Você tem alguma ideia?

A: Seria ...o oxigênio...(silêncio).

E: Você não sabe?

A: Não.

E: Então tá, vamos pra próxima. Então observe nossa próxima imagem. Agora a gente tem uma representação da mesma forma que elas estavam aqui elas já estão aqui ne, que que você consegue identificar?

A: São moléculas formada de cada uma com, na água já mostra mais ou menos que a molécula é heterogênea, digamos assim....

E: Aqui a gente ve o que, bem na interface né, entre as duas fases..

A: Elas são bem repartidas.

E: São bem divididas e que existe uma interface né, entre elas.

A: Sim.

E: Então é possível ver isso né? Que elas tem uma orientação. Ta. Agora quando a gente observa essa aqui, que que é possível observar nesta representação? Que que ela quer dizer?

A: Que a molécula do oxigênio já, da água já ta entrando no tetracloreto.

E: O que que significa estas setas aqui? Elas tem, elas são diferentes assim, elas são do mesmo tamanho?

A: Não. Tetracloreto tem... (silêncio).

E: Elas são iguais ou elas são diferentes em tamanho?

A: São diferentes.

E: Isso influencia quando elas tão juntas umas com as outras? O que que você pode ver em "a"? Em 'a' você ve o que?

A: Que são todas iguais né.

E: Elas tem tamanhos diferentes, mas elas tem a mesma forma de interação entre 'a' e 'b'? Que que a gente pode ver em 'b'?

A: Que a interação da água, que a interação delas são totalmente diferentes pelo o tamanho, pela...

E: Pelo tamanho elas interagem de forma diferente? É isso que você quis dizer?

A: (Silêncio)...A distância entre elas são as mesmas praticamente, então...

E: Ta, vamos ver a próxima então. Olha aqui, aqui a gente tem, bom a gente tem três, quatro formas aqui de interação entre as próprias moléculas, entre as moléculas de tetracloreto de carbono, entre as moléculas de água, de duas formas, e entre as moléculas de tetracloreto e água. Vamos focar neste primeiro quadro aqui. Em 'a' a gente vê uma molécula sozinha. Quando elas estão se aproximando uma da outra, o que que acontece? O que que é possível observar nesta letra 'b' aqui, neste quadro?

A: (Silêncio).

E: O que vc acha? O que que mudou aqui?

A: Pra de baixo?

E: Não, daqui pra ca. Esquece esta parte aqui por enquanto.

A: Vai ser tipo, como que fala mesmo a, a setinha la, quando o eletron ta...ai eu não sei como fala, pro lado negativo, não, mas e aí (inaudível).

E: Fala pra mim o que que você entende aqui, ta vendo que mudou a cor? Que que significa esta cor ficar meio vermelha e meio azul? Ou aqui em baixo um sistema invertido, só inverteu o posicionamento.

A: Seria a cor do carbono tomando um pequeno espaço?

E: Como assim?

A: Porque aqui ela ta toda é, num tom de rosado, e já aqui ela ta mista ou ta acontecendo algum processo diante dela de divisão, alguma coisa assim, ou ela ta, como ta só a parte do cloreto, pode ser que o hidrogênio e o carbono tao com uma pequena...(inaudível)

E: Como? Fala mais alto por favor. Você viu que aqui não tinha polo nenhum, certo? Quando elas se aproximaram, houve a formação de um polo, por que que acontece isso? Aqui tem polo positivo e aqui negativo, positivo e negativo, certo. Aqui a gente não tinha nada, quando elas se aproximaram, houve a formação disso. Como que chama esse tipo de interação?

A: (Silêncio). Interação...

E: Por que que isso acontece quando as moléculas se aproximam umas das outras, acontece essa formação, distorce os polos?

A: A distorção seria pelo fato delas serem, terem um carbono, aí elas tornam intermoleculares.

E: Pode falar o que que você entender.

A: Silêncio.

E: Pula para esta aqui então. Que que você acha que acontece quando você tem essas duas moléculas de água que se aproximam uma da outra?

A: Elas podem formar uma só, digamos, com a...

E: O que? O que você acha que isso ta representando? Tem sentido para você?

A: Aqui ta falando praticamente que o tetracloreto é igual, seria igual a molécula da água?

E: Por que igual? Você acha que estes risquinhos indicam que é igual?

A: Se aproximam.

E: Quando elas se aproximam acontece algum fenômeno.

A: (Silêncio).

E: O que que você acha que significa este risquinho aqui, por exemplo, nesta ligação? A gente tem saindo de um oxigênio pra um hidrogênio. O que significa este tipo de ligação?

A: Ta tipo, precisando da, compartilhamento do hidrogênio. Uma ligação aqui....

E: Ta bom. Então vamos ver agora outra imagem. Esta aqui é uma continuação ta, são duas folhas mas é uma imagem só. Ao longo do tempo, a, b e c, é uma sequencia do que acontece ao longo do tempo, aqui a gente ta começando, quando a

gente mistura as substâncias e coloca na proveta. Ao longo do tempo vai acontecendo isso aqui. O que que você consegue entender neste processo? O que que vai se modificando ao longo do tempo?

A: Que, quando balança aqui elas estão todas misturadas. Ai quando poe a prova pra, é como que fala?

E: Em repouso.

A: Em repouso, elas vão se separando, num processo. Aqui está, não tá totalmente separada, aí já ta praticamente separada, por causa, pra baixo ta o tetracloreto e pra cima ta a água.

E: Certo. Aí quando a gente olha toda essa sequencia de imagens assim, pensando em tudo que tá representado aqui que a gente foi falando, que que você consegue explicar, em geral, essas moléculas, essas substâncias, elas misturam, quer dizer, elas não se misturam porque, qual que é a principal característica que faça com que elas não se misturem? Existe algo que seja...

A: O Cloro... (silencio)

E: Existe algum conceito aqui que você veja que ta sendo abordado e que é responsável pela mistura ou não dessas substâncias?.....No geral, por que elas não se misturam? Esta é a pergunta.

A: Porque tem alguma substância que, como que fala gente.

E: Por que que você acha?

A: Seria a participação do cloreto? Não.

E: Você acha que os átomos que constituem influenciam?

A: Sim. Por que a água, querendo ou não ela é uma substância que em várias, é solúvel em muitas substâncias, então, creio que a participação do cloro influencia, é igual o óleo e a gasolina diante composição deles que não deixam se misturar com a água também.

E: Entendi. Ta bom Keli, é só isso mesmo, essa é a sequencia de imagens. Muito obrigada por sua participação.

Estudante 12

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Bom Jessika, esse trabalho se refere a um material didático pra ensinar o conteúdo de forças intermoleculares, polaridade, solubilidade, certo? Então essa primeira imagem ela se refere a esse experimento quando a gente mistura duas substâncias, água e tetracloreto de carbono. Quando você olha essa imagem o que que você consegue observar? O que que você acha que tá acontecendo aí?

A: Ah, da pra ver que tem uma divisão aqui.

E: Você consegue observar isso então.

A: Sim, aqui no meio, que parece que ela é um pouco mais, é, porosa uma parte, e a outra parte mais clara, translúcida.

E: Então você observa que elas não tão se misturando.

A: Ahan.

E: Ok. E nesta segunda imagem, o que você acha que tá sendo representado?

A: Ah, parece que é a mesma coisa da anterior né, só que aqui no caso mostra as moléculas, mostra que são moléculas diferentes.

E: Que são moléculas diferentes. Entendi. Então as cores você acha que tá significando...

A: Significa que são moléculas diferentes mesmo, uma molécula de uma coisa e outra, acho que é água e a do cloro.

E: Tetracloreto de carbono. É difícil inferir qual vai estar em qual fase né?

A: Ah sim, não aí já não sei identificar.

E: Ok. Então agora nessa terceira imagem, que que você acha que ta sendo representado, que ela quer nos transmitir?

A: No caso aqui ta mostrando moléculas de H₂O e aqui é de, de tetracloreto. Só que aí já da pra saber

qual que é e qual que não é né, aqui pelo liquido.

E: Ta. Da pra identificar mais alguma coisa?

A: Não, pelo, pela proveta parece que as quantidades são iguais, então não diluiu nada.

E: Ta. Ok. Aí quando a gente observa esta quarta imagem aqui, que que você acha que ta sendo representado? Que que a gente pode explicar?

A: Ahh, a geometria, agora já ta sendo identificado a geometria.

E: Geometria, certo.

A: Creio eu né.

E: Ahan. Da pra identificar a geometria das duas substância ne, das duas moléculas.

A: Da.

E: E o que mais a gente pode identificar nesta imagem?

A: O numero de ligações, é...Aqui também tem, isso é sigma né?

E: Sim. Mas o que que você acha que significa esses sigmas negativo e positivo? Estas setas?

A: Ah, eu não tinha reparado no sigma positivo. Mas o carbono faz quatro ligações, então não pode ser..o Cloro faz quantas?

E: O cloro. Quantas você acha?

A: Ah...

E: O cloro faz uma só. Mas nesse caso assim, a gente ta vendo uma seta que ta indo do carbono pro cloro e aqui neste caso a gente ta vendo o contrário acontecendo ne, ta indo pro elemento central.

A: Ah ta, entendi.

E: O que que você consegue identificar com isso?

A: Ah, agora faz todo o sentido. O cloro ele, recebe eletron. Então pro eletron ser carregado negativamente ele vai ter a sigma negativa, é isso? Mais ou menos?

E: Existe, geralmente quando a gente usa essas setas elas significam uma coisa né, tipo, tem uma direção, ela ta saindo do elemento, do carbono e indo pro cloro, tem um sentido ela fazer isso, ou aqui o inverso né. Seria, você já estudou isso, tem uma ideia do que significa?

A: Eu não lembro de ter visto não.

E: Ta, mas no geral assim, em relação a, por exemplo, a gente sabe que o cloro é um elemento eletronegativo, no caso o oxigênio também, o que a gente pode dizer, inferir sobre isso? Tem alguma influencia na molécula você ter elementos mais eletronegativos do que outros?

A: Tem, tem influencia no negocio de anions, pra fazer ligação. Eu lembro vagamente, eu sei que tem. E eu não sei o que significa esse 'mi' diferente de zero ou igual a zero.

E: Ta certo, ok. Agora olhando estas imagens que você já viu aqui, você consegue dizer pra mim alguma característica que você acha, algum conceito que explica então por que que elas não estão se misturando? Por que a gente ta vendo que elas nao se misturam, a gente já viu um pouquinho que tem geometria, que tem alguma coisa relacionada com carga positiva, negativa, você consegue falar alguma coisa ou precisaria de mais informações?

A: Só pelas imagens eu acho que não, mas, vindo que o carbono ta com todas as ligações completas ali, não tem por que ele se ligar com a agua. E também não tem um oxigênio aqui pra roubar o hidrogênio de la e virar OH né, aí não vejo porque misturaria.

E: Entendi. Ok. Então vamos ver essa próxima aqui. O que você acha que esta quinta imagem está representando?

A: As nuvens?

E: O que que você quer dizer com as nuvens? Como você identifica isso?

A: As nuvens de elétrons no caso, que aqui ele ta todo contornado e ai parece que, é como se o elétron tivesse fazendo a curva dele. Agora essa aqui por tar em degrade lembra alguma coisa de temperatura.

E: Por que que você acha que aqui, dessa região aqui onde ta bem vermelho ta essa concentração e nesse caso aqui a gente ve esse vermelho mais clarinho na molécula inteira? Teria algum explicação?

A: Teria a ver com a molécula de oxigênio, por ela ser alguma coisa a mais que o hidrogênio, só que eu não sei...

E: Mais o que você quer dizer?

A: Ela é maior né, então ela é mais densa, não lembro do termo, mas eu sei que ela ta aqui na camada de, na tabela.

E: Ok.

A: E aqui são todas iguais né, tirando o carbono, então, não faz sentido porque tem mais concentração de um lado do que de outro.

E: Entendi. Com relação a polaridade das moléculas, você acha que tem como explicar se uma é polar, se uma é não polar olhando essas imagens?

A: Ah, eu acho que sim, no caso essa aqui parece ser não polar e essa parece ser polar.

E: Por que você acha isso?

A: Porque ela tem diferença de concentração né, daí eu acho que é isso.

E: Ok. Certo. Então vamos olhar essa próxima aqui. Olhando essa

próxima, o que que você acha que ela ta querendo dizer?

A: Ela, essa aqui ta mostrando o ponto de encontro entre as duas substâncias. E essa aqui só ta mostrando o que que é cada substância.

E: Então você acha que existe um pouquinho de interação ou não nesta interface onde elas se encontram?

A: Pela imagem parece que não tem interação, porque está extremamente dividido. Então acredito que não tenha interação.

E: Ta, ok. E quando você olha aqui nessa parte superior, onde a gente só tem moléculas de água, existe alguma característica assim que você olha e fala assim, identifica pensando nas cargas das moléculas. A gente viu que, a molécula da água tem uma carga negativa e uma parte que é mais positiva, conforme você falou da nuvem. Isso influencia da forma que elas estão aí?

A: Influencia, eu acho. Influencia, até porque quando a gente faz o teste com a régua né, ela pende, então eu acredito que influencia sim, não sei como, mas influencia.

E: Ok. Certo. Vamos olhar essa próxima aqui. Que que você acha que esta imagem está representando?

A: Essa ta confusa.

E: Vamos pensar então por partes. Aqui a gente ve o que nesse começo?

A: Parece que ele ta mostrando uma comparação de tamanho né? Entre as duas.

E: Isso, ahan. Então a gente sabe que elas são diferentes em tamanho. Aí quando a gente compara 'a' e 'b', que que a gente pode dizer em relação a molécula da água?

A: Bom, aqui só tem molécula de água, e aqui tem molécula de 'b', molécula de tetracloreto, mas elas não se misturam.

E: Não se misturam.

A: Não demonstra misturar não.

E: Mas em relação ao tamanho assim, se for pensar no tamanho, da pra tirar alguma conclusão assim da influência do tamanho quando elas

estão interagindo entre elas mesmas ou entre as duas?

A: A influência de tamanho para interagir?

E: É, você acha que influencia?

A: Eu acho que influencia o tamanho, mas não sei como também. E pelas imagens eu não sei explicar como influenciaria o tamanho. Embora esteja bem no centro né.

E: Ta.

A: A menor ta bem no centro como se as outras estivessem em volta.

E: Ok. Mais alguma coisa?

A: Não.

E: Ok. Então aqui nesta próxima a gente tem quatro quadros e eu queria que você focasse primeiro nesse aqui. Que que você acha que está sendo representado aqui? A gente tem em 'a' uma molécula igualzinho a gente já viu né, em outras que tem a nuvem, e aí o que que você acha que ta acontecendo aqui em 'b'?

A: Aqui ta mostrando, é, diferença de concentração né...

E: Concentração de que?

A: Seria da molécula, a nuvem, aqui ta diferente.

E: O que que essa nuvem tem nela?

A: Polaridade? To achando que é polaridade. Essa diferença de intensidade, por que parece que essa ta interagindo com essa e essa está interagindo com essa.

E: Ahan. Aí o que que seria essa diferença de cor, por que que aqui ela ta toda rosinha e aqui a gente ve uma distorção um pouquinho?

A: Por que aqui a gente tem positivo e negativo né, aqui parece que ela ta em equilíbrio, e aqui parece que ela não está em equilíbrio, embora as duas juntas pareçam estar em equilíbrio.

E: Ta, então a gente ve que quando elas se aproximam acontece alguma coisa né, mesmo que você falou aquela hora que elas provavelmente são apolares ne, na hora que você viu essa aqui, por ela ta toda igual, mas na hora que elas se encontraram aconteceu..

A: Demonstrou polaridade.

E: Você viu que teve uma distorção aí. Você sabe como que esse

fenômeno é chamado? Essa interação?

A: Acredito que é forças intermoleculares?

E: Isso, mas qual tipo assim de força intermolecular?

A: Qual o tipo eu não sei.

E: Ta. Mas você entende o que ta acontecendo aqui?

A: Ah, você ta falando de ligação iônica assim ou não?

E: Não, não seria ligações, seria mais forças entre as moléculas mesmo, não referente a ligação dentro da molécula, mas entre as moléculas, né. Então a gente tem duas moléculas que estão se aproximando e acontece alguma coisa.

A: Ahan.

E: Vamos pensar nesse caso aqui de baixo. A gente tem o que?

A: Duas moléculas de água.

E: Que que da pra identificar então? A gente tem..

A: Aqui ta demonstrando a polaridade de novo, onde a parte vermelha seria a negativa e a parte mais azulada a positiva. E acredito que isso aqui seja um sinal de interação.

E: Ahan, perfeito. E aí você sabe que interação seria essa? Entre duas moléculas polares?

A: Não sei o nome não.

E: Ok. E nesta do meio aqui? A gente ve duas moléculas de água de novo, mas tem uma interação diferente.

A: É como se essa já tivesse feito interação com essa, mas ai apareceu uma segunda molécula de água para interagir com ela. Não sei se pode, mas...

E: Mas o que seria essa linha aqui? Esse pontilhado? O que que estaria representando?

A: É alguma ligação entre as duas moléculas, eu acho.

E: Ta, ok. E quando a gente olha nessa última? Que que você acha que ta sendo representado aqui?

A: E a interação do tetracloreto com a água. Sinal positivo e negativo.

E: Ta, mas teoricamente eles não interagem né.

A: É.

E: Por que que ta acontecendo isso aqui? Essa distorção de novo? Por que a molécula em si ela ta dessa forma, toda homogênea né, aí aqui teve essa cor diferente.

A: Eu acho, eles não se misturam, mas isso não significa que ele não tem influência sobre a molécula.

E: Quem que você acha que influencia mais ai?

A: Por ta vermelho, eu acho que a água influencia mais do que o tetracloreto, porque parece ser mais intensa.

E: Ta. Aí agora essas duas aqui são partes de uma mesma imagem como se fosse uma sequencia de acontecimentos ao longo do tempo. Então a gente tem um início e como que ela vai terminar. Que que você acha que ta sendo explicado aqui, olhando essas três imagens?

A: Esse é o início?

E: Esse é o início, e assim é como ta terminando.

A: Ah tá. Então, parece que no experimento colocou as duas substâncias, virou de ponta cabeça, deu aquela misturada, porque aqui elas estão todas misturadas. E aqui parece que ela ta começando a separar. E na última imagem ta totalmente separado, já que elas não, não, nenhuma quebra a molécula da outra né, então elas ficam separadas, acho que é isso, embora sofra influencia uma da outra aqui. É, a gente pode ver que elas tão interagindo, todas, mas em determinado momento elas vão se separando, como você disse né. É, e aí a molécula de água fica totalmente separada.

E: Ok. Certo. E agora assim, em geral, olhando tudo que a gente viu aqui, todas essas imagens. Se você tivesse que me explicar por que que essas duas substâncias não se misturam, pensando assim nos conceitos que foram representados aqui, que que você diria?

A: Pela estrutura da molécula.

E: Estrutura.

A: E pelas ligações que elas possuem e a polaridade delas,

embora.. Ah, essa aqui é apolar, então pra atrair a água precisa ser polar. É isso?

E: Você acha que a polaridade influencia então?

A: Influencia.

E: Ta. Estrutura, polaridade, mais alguma coisa?

A: Eu acho que é mais isso, principalmente a polaridade.

E: Ok.

A: Não, tem que ser as duas juntas, não pode ser uma só.

E: Ahan. Ok Jessika. Mais alguma coisa que você gostaria de dizer em relação.

A: Não, so isso. Deixa eu só dar uma revisada aqui.

E: Pode olhar.

A: Só essa aqui que eu achei, pode tirar da ordem?

E: Pode.

A: Essa aqui que eu achei meia confusa.

E: Por que que você achou confusa?

A: Porque a primeira vez, é, claro que é a primeira vez que você olha você não entende, mas pra tinar esse circulo aqui ó, aí precisaria de uma explicação.

E: Entendi, ficou meio confuso né.

A: Mas fora isso..

E: É por que elas estão todas sem legendas né, aí precisa de legendas para compreender o que que significa isso aí. Certo, muito obrigada Jessika.

Estudante 13

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Este é um material que nós estamos elaborando que é composto de texto e imagens. A entrevista que a gente vai fazer hoje é com a imagem, certo?

A: Ahan.

E: Essa sequencia de imagens, ela representa o que acontece quando a gente mistura água e tetracloreto de carbono, certo?

A: Sim.

E: A gente tem essas duas substâncias misturadas nesta proveta. Eu vou te mostrar uma sequência de imagens, uma por vez, e eu vou te perguntando o que que você ta observando, que que você ta entendendo em cada uma delas, aí a gente vai montando, construindo um raciocínio, ta? Então, nesta primeira imagem, o que que você identifica assim? A gente misturou as duas substâncias, que que da pra identificar?

A: Da pra identificar que elas, só tem uma fase né? Então..

E: Você acha que só tem uma fase?

A: Eu acho que sim, porque, deixa eu pegar aqui..

E: É, na figura as vezes fica um pouco dificil de identificar.

A: Então agora eu fiquei até em dúvida, porque aparentemente tem uma fase, eu não to conseguindo enxergar se aqui é onde que, ela ta até aqui? Ta cheia?

E: Isso, ahan. Ela ta cheia.

A: Ah, então tem duas fases.

E: Tem duas fases.

A: Uma até aqui e a outra da metade até..

E: Da pra ver que tem uma interface.

A: Isso. Da pra ver esse sinal aqui, eu não tava conseguindo ver se ela tava cheia ate aqui ou se era até aqui, então..

E: Entendi.

A: Então até aqui ela tem duas fases.

E: Duas fases. Então essas substâncias, elas não estão se misturando né?

A: Não.

E: Da pra ter ideia quem ta na fase superior, quem ta na inferior? Da pra inferir alguma coisa?

A: É, a que ta em baixo, espera, deixa eu lembrar. A que está em cima é a menos densa né, e a que ta em baixo é a mais densa.

E: Isso.

A: Então a água eu sei que é 1, agora do tetracloreto de cloro eu não sei. É de cloro mesmo ne?

E: Tetracloreto de carbono.

A: Carbono, isso. Tetracloreto de carbono. Aí eu não sei a densidade dele, mas se eu soubesse o valor eu poderia deduzir qual que ta em cima e qual que ta em baixo.

E: Ta, perfeito.

A: Mas pera aí. Eu acho que a água ta em baixo porque ela parece que ta mais assim, mais transparente. Esse aqui parece que ta mais branca.

E: É, é dificil a gente saber olhando assim, né. Vamos pra próxima então. Quando você olha esta aqui agora, que que você acha que esta imagem representa?

A: Tipo, como você quer saber?

E: Tipo assim, o que que significa essas bolinhas coloridas, elas identificam o que pra gente?

A: Os átomos, tipo, mais ou menos um desenho esquemático do que vem a ser essas duas substâncias.

E: Isso.

A: Aqui representa, por exemplo, se fosse átomo, se fosse um átomo só, uma substância composta só por um átomo seria, uma bolinha seria um átomo, se fosse uma molécula poderia ser, as vezes, por exemplo da água, duas bolinhas representando o hidrogênio e uma o oxigênio, e aqui a mesma coisa.

E: Certo. E porque que que elas têm cores diferentes?

A: Porque são substâncias diferentes, então, por exemplo, se fosse igual não observaria essa divisão aqui e elas tariam, seriam igual em toda a superficie. Mas essa é minha visão.

E: Certo. Ta ótimo. Vamos fazendo assim, a gente vai colocando uma sequencia pra você ir vendo como que vai caminhando. Agora nesta terceira, que que você identifica que ta sendo representado aí?

A: Agora aí ta representado o que cada uma é, a de cima representa a água, porque tem, como eu falei antes, o oxigênio e os dois 'h' aqui e aqui ta representando a molécula do, do tetracloreto de carbono e aqui a de água. Então volta naquela pergunta inicial, a agua ta em cima e o tetracloreto de carbono ta em baixo.

E: Ta, aí, certinho.

A: Da pra deduzir o que que é cada uma, da pra também identificar um pouco sobre a densidade, pode dizer que esse daqui é menos denso e a água é a mais densa, então, também podemos concluir que a densidade vai ser menor que 1 do tetracloreto de carbono.

E: Você acha que é menor que 1?

A: Não, pera aí, deixa eu ver se eu não to falando errado. Não, menor ou maior, não maior porque ta em baixo.

E: Maior, certo.

A: É porque as vezes eu me perco assim, eu tenho que voltar e repensar.

E: Não, vamos devagar.

A: É em baixo porque quem fica em baixo é o que ta mais, mais denso, vamos dizer pesado, aí vai pra baixo. Quem ta menos denso fica em cima.

E: Certo. Da pra identificar mais alguma coisa em relação as substâncias, alguma coisa que você identifica? Ou somente que elas estão sendo representadas, cada uma representa uma fase mesmo?

A: Se eu consigo ver mais alguma coisa?

E: É, alguma coisa assim que possa influenciar elas estarem misturando ou não, neste caso a gente ve que elas não se misturam, ne. Existe alguma característica da substância que pode influenciar isso?

A: As vezes se eu olhasse muito a fundo eu poderia fazer, o modelo da ligação química e ver que elas não misturam pelo falo da polaridade, se eu tivesse um conhecimento, se eu tiver esse conhecimento eu acho que observando essa molécula eu consigo uma explicação de porque elas não se misturam.

E: Ta. Entao vamos ver agora essa aqui. Essa aqui é como se fosse uma continuação.

A: Sim.

E: Que que você acha que quarta imagem ta representando?

A: Ta representando justamente o que eu falei, o que que eu observei a mais, é, identificando tipo, se você tiver o conhecimento, as vezes se você mostrasse essa imagem pra

alguém que não conhece, ela não consegue identificar, mas por exemplo a gente tando estudando a gente da pra observar, conseguir uma explicação de porque elas não se misturam, observando justamente pela polaridade.

E: Ahan.

A: Aqui a gente ve que os vetor cancela e aqui não consegue cancelar e ela é polar e aqui ela é apolar, então..

E: Então quando eles se cancelam ela é o que?

A: Quando ela cancela, quando os vetores, o vetor resultante cancela e fica zero né, ela é apolar.

E: Entendi.

A: Agora quando o vetor resultante aqui ele é maior que zero, ou menor, é diferente de zero, simplificando, ela é apolar.

E: Apolar?

A: Apolar. Não, não, polar.

E: Tá, então a gente tem uma substância, uma molécula que tem caráter apolar e a outra, que é polar.

A: Sim.

E: Isso influencia elas interagirem?

A: Sim, porque tem aquela regrinha la que semelhante dissolve semelhante, então polar dissolve polar e apolar dissolve apolar.

E: Você acha que essa regrinha ela é, assim, geral pra qualquer substância? Sempre vai dar certo?

A: Eu acho que não, porque deve ter algumas exceções. É como uma tendência. Não é, não é isso e isso, é uma tendência.

E: E você acha que a polaridade é a única coisa que, único conceito que explica por que que as substâncias não se misturam ou tem mais alguma característica?

A: Não, não..deixa eu ver se pode ser o único conceito. Acho que também não, é uma tendência, mas deve ter alguma outra coisa, as vezes eu até sei mas não lembro, mas eu acho que deve ter alguma outra coisa que que pode determinar a solubilidade.

E: Ta, perfeito. Ah, e em relação a geometria da molécula, você acha que influencia elas serem polar ou não polar?

A: Sim, acho que de alguma forma, pera aí, deixa eu pensar aqui antes de eu falar bobeira.

E: Porque a gente tem geometrias diferentes aqui, né.

A: Sim.

E: Uma deu, tipo, os vetores, eles são influenciados pela geometria da molécula?

A: Eu acho que sim. A geometria de certa forma ela pode influenciar porque por exemplo assim, o arranjo aqui, as duas são tetraédrico, só que aqui a gente não conta os pares, ela fica angular, e aqui ela continua tetraédrica, então acho que a geometria ela pode influenciar sim.

E: Entendi.

A: Porque por exemplo assim, se eu fosse olhar pelo arranjo, as duas seriam tetraédricas, então as duas seriam, é teriam o mesmo caráter. Aqui elas tem o arranjo igual mas a geometria não é igual, então acho que ajuda, contribui sim.

E: Perfeito. Entao vamos agora olhar..

A: Espero não estar falando as coisas errada..

E: Ta ótimo. Vamos olhar essa aqui agora. Agora a gente viu né, que elas se diferenciam, tem características diferentes, tem os vetores, a polaridade, agora a gente chega nessa aqui, na quinta imagem, que que você acha que aqui ela ta querendo dizer pra gente depois de falar todas essas informações aqui?

A: Pera aí, vamos ver. Seria, ela taria mostrando a densidade eletrônica, como está distribuído?

E: Vamos pensar. Aqui a gente tem uma concentração de uma cor mais forte, né, um vermelho, e aqui você ve que ele ta mais fraco, mais ele ta homogêneo, né. Por que que você acha que diferencia essas colorações?

A: É porque, por exemplo, aqui na agua tem é o oxigênio ele é o mais eletronegativo que o hidrogênio né, então, por exemplo, numa ligação, eles estão compartilhando, compartilhando ou um transfere pro outro, no caso da água eles compartilham, aí aqui tá

concentrado de vermelho mostrando que o oxigênio ele atrai mais fortemente os elétrons pro lado dele, então a densidade ela aumenta, a densidade dos elétrons ela fica mais concentrada no oxigênio, essa cor vermelha indica justamente isso, que, mostrando que os elétrons, eles estão mais perto do, do oxigênio, não, estão mais atraídos pelo oxigênio, só que não deixa que, que aqui também tenha, só que tem menos. Aí o oxigênio fica com a carga parcial negativa e o oxigênio com a carga parcial negativa e o oxigênio com a positiva.

E: O hidrogênio né.

A: É, hidrogênio.

E: Ta. E aqui em baixo?

A: Aqui é por, por exemplo, eles são, é, eles são divididos todos uniformemente igual, não tem um que puxa mais do que outro, nenhum exerce uma força maior, eles são, são distribuídos igualmente.

E: Mas tem elétrons aí?

A: Tem.

E: Mesmo que você fale que a molécula ela é apolar, ela vai ter elétrons...

A: Sim, pelo fato da ligação, a molécula é apolar, mas a ligação ela pode não ser, a ligação ela pode ser polar, só que somando todas as ligações gera uma molécula apolar, então aqui eles são mais, mais concentrados ao redor de toda a molécula, então por isso que ta mais clarinho. Consigo explicar isso.

E: Ótimo. E nessa próxima imagem. Que que você acha que ela quer mostrar pra gente agora?

A: Aqui é, eu consigo ver mostrando como é, as moléculas elas são ligando entre si, na anterior mostrou como os átomos estão, quem, quem exerce atração entre átomos, agora aqui está mostrando atração entre as moléculas, então a parte vermelhinha ela, ela ta atraída pela parte, o vermelho escuro ta atraído pela parte mais clara aqui, justamente porque o, a parte vermelha escura ela ta indicando é, a carga parcial negativa que os oxigênios que estão atraindo os

elétrons, a densidade de elétrons, ela ta mais, mais concentrada perto do oxigênio, sendo que ele tem uma carga aqui negativa pra as moléculas se conectarem entre si vai ter, elas vão ter que se ligar por um pouco de força eletrostática, então pra elas se ligar com outra, ela vai ter que atrair com o positivo, justamente a parte do lado do hidrogênio, ela tem essa, essa parte positiva, então elas, duas partes se conectam pra formar, por exemplo, o líquido, várias moléculas se juntando, aí ta mostrando como que elas são se juntando.

E: Entendi, ótimo.

A: E aqui também da mesma forma, como, como elas são apolares, então vai ter que ter alguma forma pra elas se juntar também.

E: Você acha que elas tem alguma orientação ou não?

A: Orientação?

E: Tipo assim, aqui você disse que as partes vermelhas ficam orientadas na parte azul.

A: Sim.

E: Na molécula de tetracloreto de carbono, a gente não tem a concentração né, igual você falou na anterior, então elas vão tá orientadas especificamente ou elas se interagem aleatoriamente?

A: Não, eu acho que não vai ter orientação, porque como eu tava estudando, por exemplo, é como acontece, elas são, elas são todas apolares né, elas não tem carga, então no momento em que elas vão se chegar uma perto da outra, elas vão se repelir, vai surgir uma força assim, rápida, que vai juntar elas, então elas não vão ter orientação, então vai ser simplesmente elas se aproximarem, essas forças vão se repelir e vai tornar uma força que vai juntar elas pra um momento muito rápido, e isso vai acontecer em toda a extensão do líquido.

E: Entendi. E aqui nesta outra parte, que que quer representar pra gente?

A: É, por exemplo, aqui ta mostrando, justamente a parte que elas não se misturam, porque pra uma molécula polar aqui elas mostra

a parte polar né, que a parte vermelha fica próxima da parte azul pra se ligar. Como aqui não vai ter, é, tem menos forças atrativas, então por isso que elas não se misturam, mostra justamente o local, a divisão onde elas não se misturam e mostram assim, porque que elas não se misturam.

E: Ta.

A: Pera aí. Deixa eu ver se tem mais alguma coisa que eu possa falar. É, justamente essa parte não vai ter, como eu já falei aqui, não vai ter cargas e essas tem cargas, ela precisa de outra que tem carga pra ela se unir como a parte de baixo não tem e a de cima tem, então elas ficam separadas, aí fica só as parecidas de um lado e as diferentes do outro.

E: Entendi. Mas você acha que aqui nessa interface existe um pouquinho de interação ou nenhuma interação entre elas?

A: Acho que pode haver um pouco, porque as vezes uma toca na outra, repele, atrai, deve ter um pouquinho sim de interação.

E: Ok. Vamos pra próxima então. A sétima imagem. Que que você acha que ta representando aqui?

A: É, eu consigo ver que, de certa forma, a, a molécula que ta em baixo, ela ta conseguindo rodear a molécula de água. Ela ta conseguindo...

E: Vamos pensar o seguinte, aqui a gente tem o que? O que que representa essas duas setas aqui? O que que elas são mostrando?

A: Agora essa ta difícil.

E: Pensando assim, elas são iguais, elas são, elas tem tamanhos diferentes.

A: Ah sim.

E: Pensando nisso.

A: Sim.

E: Aí quando a gente pensa em tamanho, a gente vai comparar 'a' e 'b'. Em 'a' a gente tem só moléculas de água e em 'b' a gente tem a interação entre água e tetracloreto de carbono. O tamanho vai influenciar nesta interação entre elas? O que que a gente pode dizer?

A: O tamanho...olhando pra essa imagem aqui me parece que sim mas...

E: Você acha que não fica muito claro?

A: Isso, eu não to, tipo, não consigo ver com clareza o que, o que consegue, o que que ta mostrando na imagem.

E: Tranquilo. Então vamos nessa próxima aqui. Nessa próxima a gente tem quatro quadros e cada um representa uma, uma interação entre as moléculas, por exemplo, no primeiro é só entre moléculas de tetracloreto, aqui a gente tem duas representações para interação entre água e entre água e tetracloreto. Vamo focar aqui no primeiro quadro.

A: Sim.

E: Que que você entende nessa comparação entre 'a' e 'b'? Em 'a' a gente tem a molécula sozinha e aqui quando elas estão se aproximando.

A: Sim, é o que eu já falei. Elas juntas é, como elas, essa parte que está se juntando, elas tem as mesmas cargas, então elas se repelem, aí de certa forma forma uma nuvem com carga diferente, elas se juntam, aí por exemplo, suponha que elas são duas iguais, elas tao se juntando, ta formando diferentes forças e elas juntam, uma ta repelindo a outra, só que nesse momento vai formar é, uma região, é, mesmo rápida, que tem cargas diferentes, elas se juntam, aí uma hora essa parte azulzinha se junta com essa rosinha...

E: Você sabe como que chama esse tipo de interação?

A: Pera aí, deixa eu falar qual... É as de London?

E: Isso aí, de London. Vamos olhar aqui na de baixo então. Que que você acha que ta sendo representado aqui?

A: É a parte que tem é, maior densidade, a maior densidade eletrônica, que ta com a carga parcial negativa, ela atraída pela, pela parte que tem a menor densidade de elétrons, que tem a carga parcial positiva.

E: E que tipo de interação que é essa? Você sabe?

A: Ponte de hidrogênio?

E: Ta ligando átomos aí? Ou ta ligação entre as moléculas?

A: Ta ligando moléculas.

E: Então a gente não chama de ponte de hidrogênio nesse caso, tem um outro nome. Entre moléculas polares. Vem nessa aqui, olha essa aqui. Que que você acha que é essa aqui?

A: Essa ta ligando só, ta mostrando o átomo de oxigênio ligando ao átomo de hidrogênio, que ele tá direcionando a esse átomo. Aí por exemplo, se tivesse outro átomo de oxigênio, ia ta atraindo..

E: Esse tipo de interação é chamado??

A: De Van der Waals? A última que eu lembro.

E: Van der Waals seria, é mais ou menos a mesma coisa de London. Aqui no caso a gente tem moléculas polares, então, você acabou de falar.

A: Pera aí, qual que é a pergunta?

E: Qual que é o tipo de interação que ta sendo representado aqui? A gente tem ligação entre átomos.

A: É, força eletrostática?

E: A gente tem um átomo de hidrogênio e um átomo de oxigênio.

A: Sim. Nossa, agora...Eu já falei? Pera, deixa eu olhar aqui de novo com mais calma.

E: São duas moléculas polares né, tem uma região com uma, concentração eletrônica, com, tem um átomo eletronegativo se ligando a um átomo eletropositivo.

A: Nossa, agora...

E: Não, tranquilo. A gente pode fazer a outra, depois qualquer coisa você volta nessa, ta.

A: Sim. É como os átomos estão se ligando, os átomos.

E: Ahan, isso. Essa é uma ligação específica.

A: Seria um modelo de ligação em que eles estão se unindo?

E: É um tipo específico que acontece sempre entre hidrogênio e um átomo eletronegativo, o oxigênio no caso é um átomo muito eletronegativo, né.

A: Sim. Ah, depois eu lembro.

E: Ta, vamos pensando, vamos passar pra próxima. Aqui a gente já tem o que? Que que você observa neste último quadrinho?

A: Que, por exemplo, essa, essa molécula aqui ela já indica que, suponhamos que teria outra aqui atrás, aí elas duas foram aproximadas e formou, como eu já falei também, elas, elas tinham as mesmas cargas, formou uma densidade eletrônica de repulsão, as duas iguais é, houve a repulsão e formou uma carga, aí no momento que formou essa carga que é la na onde que é a divisão la da mistura la, aí formou de certa forma aqui a carga positiva, e em contato com a água, do lado da molécula de água que tem a parte negativa ela teve uma atração.

E: Mas você acha que a água, ela não tem a capacidade de produzir essa repulsão das cargas do tetracloreto? A água é uma molécula polar não é?

A: Sim.

E: Ela já tem um polo bem permanente aqui né.

A: Sim.

E: Você acha que se ela aproximar de uma molécula como está aqui em "a", aí você pega a molécula da água e aproxima com essa daqui, sem polo nenhum. Você acha que forma mais polo ou não?

A: Eu posso olhar uma outra imagem aí?

E: Pode!

A: Essa daqui. Sim, porque se essa parte, por exemplo, aqui ta mostrando que esses cloro, eles tem a carga parcial negativa. Se a parte da água que tem a parte parcial negativa ela tiver aproximando dessa daqui, aí vai repulsionar, e se tivesse outra molécula ela se, poderia ter atração.

E: Certo, então a gente vê que a molécula da água ela também é capaz de produzir um dipolo aqui, não somente quando as duas se aproximam, né. Ta ótimo, perfeito. Agora essas aqui são as últimas imagens, elas estão em duas folhas mas elas representam um processo, ta? Então é como se a gente tivesse a

mesma proveta ao longo do tempo. Então eu acabei de adicionar as duas substâncias e o que que vai acontecendo até o fim. Que que você acha que ta representando? Como que você explicaria essa sequencia dessas três imagens? Por exemplo em 'a', o que que ta acontecendo em 'a'?

A: Tipo, acabou de misturar, elas tao todas la misturadas, aí conforme vai passando elas vao tentando se reorganizar e se rearranjar, aí justamente pelas, pela existência de cargas vao, as positivas vao se juntando com as negativas, vao se juntando, vao se juntando até formar isso daqui, vai atraindo, vai repulsionando, vai acontecendo

várias coisas até que ficam, que o sistema fica estável.

E: Ok. Ok Yan. Agora assim, pensando em todas as imagens que a gente viu aqui. Como que você me explica então em geral, por que que água e tetracloreto de carbono não se misturam?

A: Em geral?

E: É, em geral, por que que elas não tao se misturando?

A: Uai, por causa das forças que pode ter, que cada molécula pode exercer. Uma pode atrair a outra, a outra pode não por causa justamente pela polaridade delas.

E: Então a polaridade influencia, essas forças...

A: Sim...Seria, poderia ser as forças que tem, é, pra formar a molécula e as forças que existem pra juntar moléculas, então mostra as forças pra juntar os átomos, pra formar uma molécula, mostra também as forças que a molécula como um todo pode ter e junto com outra atrair ou repulsionar, acho que mostra isso. A questão assim, explicar o que acontece na na imagem 1 através de, da polaridade, da forma que houve a ligação na molécula, de como é, a ligação entre moléculas, acho que essas imagens tentam mostrar isso.

E: Ok. Ta ótimo. Ok Yan, muito obrigada por sua participação.

Estudante 14

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Esta entrevista, este trabalho na verdade é referente ao conteúdo de solubilidade, polaridade e forças intermoleculares.

A: Ahan.

E: A gente elaborou esse texto, um material composto de texto e imagens, então assim, tem alunos que estão fazendo entrevista só com as imagens ou só com o texto, no seu caso vai ser com os dois.

A: Ahan.

E: Aí agora eu quero que você leia essa primeira página, só lê a primeira página por enquanto que aí eu vou te fazer...

A: Em voz alta?

E: Não, pode ler pra você mesmo, tenta entender, pode por do jeito que você achar que fica mais fácil no computador.

A: Ok.

E: Já conseguiu ler tudo?

A: Ahan. Posso voltar em cima para ver a figura 1?

E: Pode! Pronto?

A: Ahan.

E: Agora eu queria assim, com essa primeira página que você leu, que que você entendeu dessa leitura?

A: Ah, eu acho que no intuito da pesquisa é, quer saber porque que

misturas, por que que determinadas substâncias misturam e por que que outras substâncias não se misturam. Acho que o conceito inicial seria isso.

E: Geral é isso ne.

A: Isso.

E: E ele te da alguma ideia de por que que, que que influencia essas substâncias misturarem ou não?

A: Ah, acho que devido a cada substância ter sua estrutura né, provavelmente cada uma tendo seu, como diz aqui, suas moléculas, sua composição na estrutura, é, diferenciadas de cada uma e isso vai influenciar se elas vão se misturar ou não.

E: Ok. Tá ótimo. E, mais alguma coisa que você gostaria de dizer?

A: Acho que não.

E: Ok, então vamos para a próxima. Aí esta é a segunda página.

A: Eu dei uma lida aqui mas não entendi muito bem, posso ler de novo?

E: Pode!

A: Ta.

E: Ainda tem mais um pedacinho aqui.

A: Ahan.

E: Aí eu sei que são muitas informações nesta página, mas em geral, que que você entendeu que tá descrito nesta página?

A: Bom, é, o conceito anterior ele disse que devido a essas substâncias terem sua estrutura, cada uma diferenciada, é, cada uma é chamada de acordo com essa substância, uma, é como se fosse um esquema de estrutura assim, uma geometria e cada molécula tem a sua geometria e aí, isso é, as vezes pode facilitar a conexão, digamos assim, entre elas, devido a sua eletronegatividade. Então eu acho que, essa conexão, essa mistura é, ela pode ser concedida se essa eletronegatividade for facilitada, se por exemplo, essas substâncias tiverem é diferentes esquemas de eletronegatividade, se uma for mais fácil, outra for mais difícil, ou as duas forem mais fácil ou as duas forem difícil, isso vai determinar se elas vao misturar ou não.

E: Entendi.

A: Acho que é isso.

E: Então você acha que a água e tetracloreto de carbono não se misturam devido a, a eletronegatividade então que eles tem, a geometria..

A: É, o que eu entendi do texto foi isso, foi que provavelmente por elas terem as suas moléculas com estrutura de geometria e essa geometria ter escala de eletronegatividade, isso vai facilitar elas se misturarem ou não.

E: Entendi. Ok.
 A: Acho que é isso.
 E: Ta bom, vamos para a próxima.
 A: Eu não entendi muito bem o que são dipolos. Seria essa ligação do núcleo com os elétrons?
 E: Como??
 A: Essa ligação aqui dos, do núcleo com o, o átomo central.
 E: Então, eu quero que você me explique.
 A: Ah, ta, não tudo bem!
 E: Mas você pode continuar lendo assim, a página inteira, sabe. Aí depois as vezes vai te ajudar a entender melhor.
 A: Ah ta.
 E: Pronto?
 A: Acho que eu entendi um pouquinho.
 E: Que que então você entendeu? Você pode me explicar?
 A: Bom, ele diz que devido a essa formação geométrica de cada elemento, ter essas ligações, é, ter essas misturas de substâncias, vamos supor, água, oxigênio e hidrogênio, é, quando a gente tem essa formação e dessa molécula a gente tem os, que a gente chama aqui de, dipolos, que são essa ligação entre o oxigênio e o hidrogênio. E aí é, como o texto mostra, essa ligação entre essa molécula de água ela ta apolar, apolar porque todas elas apontam pra mesma direção, essa ligação, e agora o de tetracloreto de carbono já não é a mesma, já não é a mesma, digamos, direção, pra a ligação. Entao isso atrapalha na hora da ligação, eu acho que é mais ou menos isso.
 E: Ta.
 A: E, deixa eu só da uma...E, acho que é isso mesmo.
 E: Ta. Mais alguma coisa que você queira dizer?
 A: Não, não.
 E: Ok. Ah, esse pedacinho aqui você tinha lido?
 A: Não.
 E: Ele só continua, termina...
 A: Ah ta.
 E: Ok, então ta. Aí agora essa é a quarta página e ela da continuação

pro assunto, aí se você puder ler ela também.
 A: Ta.
 E: Pronto?
 A: Ahan.
 E: Bom, essa página, ela traz mais ou menos uns dois conceitos que são considerados importantes. Você pode descrever pra mim o que que você entendeu?
 A: Ah, acho que o ponto, o conceito inicial seria essa parte de eletronegatividade, provavelmente por elas terem essa ligação com carga de energia digamos assim, é, elas contém ligações positiva, negativa, isso vai interagir essa ligação entre as moléculas. E o outro fato seria é, o tamanho delas.
 E: Ahan.
 A: Acho que provavelmente por a água ser menor e o de carbono ser, do tetracloreto de carbono ser maior, então isso vai diferenciar a ligação, então provavelmente algo, algo vai mais interagir com a outra e a outra vai interagir menos com a...acho que é isso.
 E: Entendi. Agora assim, lendo, a gente já leu quatro páginas aqui. Como que você acha assim, com todos os conceitos que foram apresentados né, se eu te perguntasse agora em geral, por que que essas substâncias elas não se misturam? Como que você poderia explicar?
 A: Bom, acredito eu que seria basicamente pela estrutura de cada uma das substâncias, então isso estaria ligado na sua forma, na sua geometria, na sua ligação se ela é polar ou apolar, se ela tem carga positiva, carga negativa, é, pelas suas, pelo seu tamanho, é... e provavelmente pela interação assim, digamos, ou pela sua necessidade de compartilhar elétrons.
 E: Ok. Ótimo. Ta, aí aqui agora a gente vai falar um pouquinho sobre as interações entre essas moléculas. Aí você pode ler por favor.
 A: Ta.
 E: Aí pode terminar aqui.
 A: Ah ta. Ta. Posso ler mais um pouquinho?
 E: Ok.

A: Pronto.
 E: Ok. Então agora você pode me explicar então o que que você entendeu?
 A: Nessa parte acho que ela liga, acho que ela se conceita numa base de ligação com essas energias, digamos assim. Essas ligações é, provavelmente o que ele quer dizer é, essa atração que tem ou esse distanciamento por causa dessas ligações serem polares ou não polares, isso vai fazer maior interação entre essas moléculas, elas serem é, negativas, elas vao se dispersar, elas serem positivas, vao se atrair, elas serem diferentes vai ter uma alteração aí um pouco diferente. Acho que é isso.
 E: Ta, mais alguma coisa que você gostaria de...
 A: É, eu tenho essa, ele cita essa parte de ligação de hidrogênio, mas acho que é um caso a parte, provavelmente porque o hidrogênio ele deve fazer uma interação em específico com alguns elementos, acho que é só isso.
 E: Ok. Então vamos agora na, acho que essa é nossa última página. Essa aqui. Pode ler por favor.
 A: Ta. A figura 11 é?
 E: Ela não ta aí?
 A: Acho que não. Deve ser uma dessas né?
 E: Seria esta aqui.
 A: Ah ta.
 E: Que que você entendeu Robson, nessa página?
 A: Bom, acho que ele conclui dizendo que essa mistura ela pode ser feita, ou não pode ser feita, porque cada uma tem essa ligação, cada uma tem uma ligação diferente em atração, digamos que a água se atrai muito mais do que o cloreto de carbono e, isso dificulta a ligação entre eles e, devidamente ao seu tamanho também que é outra coisa que influencia bastante nessa mistura, enquanto ele mais, como disse o texto, se a gente agitar ele vai permanecer um pouco homogêneo mas ao passar do tempo ele vai se separando por, devido a água ter sua concentração maior digamos, a sua

ligação maior, e o cloreto ser mais, menos ligado assim.

E: Ahan, ta. Entao no geral assim, depois de terminar todas estas páginas, como que a gente pode explicar ne, por que que elas não se misturam? Quais conceitos são importantes da gente saber?

A: A água e o cloreto de carbono.

E: E o tetracloreto de carbono.

A: Bom, eles não se misturam devidamente, acho que, resgatando

todas aquelas informações ne, a gente sabe cada uma tem um tamanho diferente, tem eletronegatividade diferente, ligações diferentes, então isso influencia e muito na hora de ter a ligação, se elas não se misturam provavelmente é porque essas diferenças influenciam no, pra que elas não se unam, não se misturem. Entao basicamente é isso.

E: Ok.

A: Acho que, por uma se comportar de uma forma e a outra se comportar de outra, ela não tem sintonia, digamos assim, aí isso não facilita a ligação.

E: Entendi. Ok Robson, é só isso mesmo. Gostaria de te agradecer por ter participado, ta.

A: Imagina, eu que agradeço.

Estudante 15

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Este trabalho é referente a um material didático que a gente ta elaborando pra ensinar o conteúdo de polaridade, solubilidade e forças intermoleculares. Então ele é composto de um texto e imagens. Alguns alunos eu to fazendo entrevista só com imagens, outros só com texto ou com os dois, igual vai ser o seu caso. Então eu vou te dar página por página, são seis páginas, e eu quero que você leia uma página e a gente vai conversar sobre ela, sobre aquilo que você entendeu, ta? Essa é a primeira.

A: Certo.

E: Certo Diogo? O que que você entendeu nesta página?

A: Pude entender que duas, tem substâncias que podem misturam umas com as outras e tem substâncias que não. E, como água e o álcool facilmente eles se misturam, já água e gasolina não e agua e tetracloreto de cloro também não. E aqui ele usou as bolinhas vermelhas para identificar a água e as azuis para identificar tetracloreto de cloro. E, mais, também não tem cor as duas, então.

E: Mostrando que elas não tem cores ne.

A: Isso.

E: Ahan. Mais alguma informação que ele te da a respeito da, por que que elas misturam ou não?

A: Ann, aqui não nessa folha.

E: Não né.

A: Não.

E: Ta. Algum comentário ou...

A: Seria por causa das suas estruturas, da composição delas?

E: Aí ele fala isso ne?

A: Sim.

E: Você saberia me dizer por que que a estrutura e composição influencia se elas se misturam ou não?

A: Poderia uma ser mais densa ou não..

E: Densidade, pode ser. Ta, vamos ler a próxima que aí a gente vai ter mais informações.

A: Pronto.

E: E nessa página, o que que você entendeu?

A: Aqui ele ta falando da composição do, da molécula que é formada, a de água, por exemplo, por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, e a de tetracloreto de carbono por quatro de cloro e uma de carbono.

E: Ahan.

A: Aí ta falando das repulsões elétricas entre os elétrons de ligações e sobre a polaridade molecular, resulta da eletronegatividade de um perante o outro, conforme um é mais eletronegativo, ele tende a ser negativo e o outro passa a ser positivo porque é menos eletronegativo. Isso?

E: Ahan. Mas nesse caso, você acha que a eletronegatividade então influencia na formação de uma ligação polar ou não, e isso vai influenciar elas interagirem?

A: Sim.

E: Por que que você acha que influencia elas interagirem?

A: Porque, dependendo de como, que nem a água, ela tem uma geometria angular, certo, então ela tem uma geometria diferente da tetracloreto de carbono, então as duas, assim no meu ver, como são diferentes tanto a geometria quanto o arranjo entre elas e a polaridade delas são diferentes, pra mim elas não iriam se misturar por conta disso.

E: Entendi. Então você acha que a geometria vai influenciar e a polaridade também.

A: Sim.

E: A polaridade depende da geometria?

A: Depende.

E: Depende?

A: Depende. Porque pense eu, que nem, a água, o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio, então ela é polar. Agora, uma apolar, agora eu não lembro uma apolar, tipo, tetracloreto. Sim, tetracloreto, seria apolar, porque os cloros são mais eletronegativos que o carbono. Aí por uma ser apolar e a outra polar, então elas não se misturariam.

E: Certo. Ok. Mais alguma coisa que você gostaria de dizer?

A: Não.

E: Ta, então vamos pra essa próxima aqui.

Pronto?

A: Sim.

E: Bom, você pode me dizer então o que que você entendeu?

A: Aqui ta falando que uma molécula interagindo com a outra não depende só dos elétrons que estão distribuídos na última camada, depende também da sua, da sua

geometria e como esses elétrons estão distribuídos dentro dessa molécula. Aí dependendo dessa distribuição que vai classificar ela como sendo polar e apolar, e aí fala que tem que começar dum, é, dum átomo com carga positiva e depois terminar num átomo de carga parcial negativa.

E: Certo.

A: E quando os dois, quando estão em sentidos opostos eles se anulam, em sentidos iguais eles somam. Que aqui no tetracloreto eles se anulam, porque cada um tem sentido oposto ao outro.

E: E qual que é a consequência deles anularem? Que que isso influencia na molécula? Quer dizer, qual que é o resultado disso.

A: Deles se anularem o resultado disso?

E: É, tipo, a molécula fica com carga, fica sem carga...

A: Ah, entendo eu que sem carga. Que ela anula com a outra.

E: Quando elas se somam, no caso da molécula da água...

A: Elas ficam negativas, ou não?

E: Que que você acha?

A: Deixa eu ver. O hidrogênio aqui como ele perdeu ele ficava positivo, certo? E o oxigênio negativo.

E: No geral essas moléculas, então, elas são polares, não polares? Que que você pode dizer a respeito disso?

A: Do tetracloreto não polar, apolar, e da água polar.

E: Ok. E o que mais que a gente pode obter de informação nesta página?

A: A presença de um polo elétrico na molécula da água.

E: Ahan.

A: Aí eu não entendi muito bem essa parte que ele falou do hidrogênio aqui ó, moléculas polares tem regiões que tem uma carga negativa parcial, por exemplo, a não agora eu entendi, entendi. Seria como aqui então, já que o hidrogênio tava perdendo o elétron, ele ficaria positivo e o oxigênio como estava ganhando, ficaria negativo.

E: Ahan. E aí quando a gente olha na imagem de baixo é perceptível ver isso pelas cores? Como que você

consegue identificar essa região de concentração eletrônica?

A: Aqui como ta alta concentração de elétrons no oxigênio, então ta mais forte a cor, com o vermelho. E aqui como tá, tem menos elétrons como tende a positivo, ta mais fraco.

E: Certo. E no tetracloreto de carbono a gente consegue ver o que? Como que essa nuvem ta?

A: Fraca como tende a zero. Como é apolar certo?

E: Mas tem elétrons ou não tem? Ao redor dessa molécula?

A: Tem.

E: Mas eles estão...?

A: Distribuídos.

E: Ok. Agora vendo essas três paginas que você já leu, como que você explicaria por que que essas substâncias elas não se misturam? Com essas informações que a gente viu sobre polaridade, sobre eletronegatividade, geometria...Como que você explicaria, que que influencia elas serem é, tipo uma interagir ou não, no caso aqui elas não interagem.

A: Sim, eu diria mais por causa da polaridade, como a água com o tetracloreto é apolar, então não iria se misturar com a polar.

E: Certo. Ok. Agora nossa próxima pagina.

A: Ok.

E: Bom, e agora..

A: Agora eu entendi que aqui ta falando sobre a força eletrostática, a atração entre elas. Como no tetracloreto, os elétrons ta distribuído ao redor da molécula, então tipo eles não tem uma atração uma com a outra, já que a polaridade dele é zero. Já na água o oxigênio tende a ficar indicado pra molécula, pra, pros átomos de hidrogênio, porque já que ele é negativo as moléculas, os átomos de hidrogênio são positivo, então tende uma atração entre eles.

E: Ahan. Então existe uma orientação entre eles ne?

A: Isso. E a molécula de água, ela é menor que o tetracloreto, por conta disso é também um dos motivos deles não se interagirem, a água

pode interagir com várias moléculas de água, mas não pode interagir uma molécula de tetracloreto de carbono.

E: Ela pode interagir com uma molécula mas ela precisaria mais, tipo..

A: Um grande número?

E: Um grande número, talvez. Quando você olha o desenho você consegue perceber isso?

A: O tamanho?

E: É, a influencia do tamanho.

A: Sim. É nítido.

E: É possível ver que uma molécula de água ela consegue gastar mais tempo com mais moléculas iguais do que com, quando ela interage com o tetracloreto ne?

A: Isso, sim.

E: Mais alguma informação dessa página que você queria destacar?

A: Não.

E: Certo, então vamos pra próxima. A gente ta quase terminando, essa aqui é a penúltima.

A: Aí acabei.

E: E agora?

A: Eu entendi que a única, a única ligação que as moléculas apolares fazem é a força de dispersão umas com as outras.

E: Ahan.

A: Ou seja, como ela tem uma, como ela são uma das mais fracas forças dipolo dipolo, é dipolo induzido né, a mais fraca, então seria dipolo induzido, então aqui ta falando se você pudesse parar os elétrons você veria em uma parte mais elétrons do que na outra, só que como elas interagem rápido uma com as outras aí fica tipo formando campo e logo já desfaz.

E: Certo.

A: Aí, como a água é apolar, então ela tem a..

E: Apolar?

A: Polar, ela tem ligação dipolo-dipolo. E aí ta falando que, umas das ligações mais forte é a ligação de hidrogênio, que é de hidrogênio com oxigênio, com nitrogênio e com flúor. E aí fala que pra romper essa ligação pra acabar com ela, como ela é muito forte, o ponto de ebulição tende a ser mais alto, então pra

acabar tem que ser muito, tem que investir muito mais energia do que nas outras.

E: Ahan. Ta. Você acha que esse tipo de interação influencia elas se solubilizarem ou não umas nas outras?

A: Sim. Sim. Eu acho que seria também pela uma ser mais, uma precisar de mais energia para ser quebrada e a outra não, então acho que isso daí influencia conforme, porque se você for misturar o tetracloreto com a água, como o tetracloreto é mais fraco, então você não precisa de tanta energia, então o ponto de ebulição seria mais baixo. Então se eu aquecer eles evaporariam mais rápido que a água.

E: Ok. Alguma informação a mais?

A: Não.

E: Ta. Então vamos para nossa última página.

A: Pronto.

E: E agora Diogo?

A: Agora nessa aqui eu entendi que tem a ver quando a molécula de água por ser dipolo permanente, e a molécula de tetracloreto de carbono ser um dipolo induzido, ao se encontrarem elas não vão se interagir, porque a polaridade delas seriam diferentes e como a água ela é pequena, é, em comparação com a de tetracloreto de carbono, ao agitar os dois líquidos, quando uma água encontra a outra, elas tendem a ficar juntas, então aí ficaria as duas cores assim, as duas fases tanto o tetracloreto definido e a água definida, elas não iriam se misturar.

E: Ok. Quando uma molécula de água se aproxima de uma de

tetracloreto de carbono, você acha que não existe interação entre as duas?

A: Eu acho que há, mas pequena, por ser, como assim, a de atração, já que esse seria positivo e esse negativo, então acho que seria pequena.

E: Mas você acha que esse polo positivo aqui ele já existe antes de se aproximar da molécula de água?

A: Não.

E: Teoricamente a molécula ela não tem polo.

A: É, não existe. Acho que ela se formaria quando ta junto com a água.

E: Que que você acha, o texto deixa claro isso ou não?

A: Ah, eu fiquei um pouco confuso só. Eu entendi mais que elas não iriam se misturar por causa do tamanho, já que a água tende a ficar mais próxima de outra molécula de água. Então o tetracloreto do tetracloreto, então ficariam duas fases.

E: Ta. E assim em geral então, a gente viu várias informações, se você tivesse que explicar pra mim agora por que que essas substâncias elas não se misturam, qual seria o conceito principal? Ou conceitos ne.

A: Seria o tamanho, falaria que é o tamanho da molécula.

E: O tamanho você acha que é o que mais influencia?

A: Isso. É.

E: Ok. Por que que você acha que não teria outros conceitos?

A: Não, teria, mas eu acho que ficaria mais claro o tamanho da molécula aqui.

E: Você acha que é o que mais influencia.

A: Eu falaria também da geometria molecular.

E: Geometria?

A: É.

E: Por que a geometria?

A: Por uma ser tetracloreto, e a outra ser tetraédrica, e essa aqui é angular, então a tetraédrica tem todos os elétrons do átomo central ligados, e essa daqui não, então tem um par de elétrons aqui em cima, então os dois átomos vão subir tem elétrons, aí eles descem, aí eles não interagem, não vão interagir nesse que ta todos ligados. E por ser menores também, acho que esses dois seriam os principais.

E: Os principais conceitos. Entendi. Mais alguma coisa que você gostaria de dizer?

A: Só isso.

E: Durante a leitura do texto as imagens te ajudaram a compreender o texto?

A: Ajudaram.

E: Facilitou a imaginar?

A: Facilitou.

E: Certo. Você costuma utilizar representações assim quando você ta estudando? Ou elas passam mais batidas?

A: Não, passam mais batidas, mas aqui eu usei bastante, achei mais fácil.

E: Certo. Então ta bom Diogo, é só isso mesmo, muito obrigada pela participação.

A: Ok.

Estudante 16

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Bom, esse trabalho ele é relacionado a um material didático que a gente ta elaborando com texto e imagens é, sobre o conteúdo de solubilidade, polaridade e forças intermoleculares. Alguns alunos tao fazendo entrevistas só com texto, outros só com imagens, no seu caso

vai ser o texto e imagens juntos ta? E aí eu gostaria que você lesse cada uma dessas páginas, são seis páginas ta, e uma por uma, e eu queria que a gente conversasse sobre o que você compreendeu em cada uma delas, ta? Então essa aqui é a primeira.

A: Ok.

E: Ana, o que que você poderia me dizer que você compreendeu nessa página?

A: Nessa deu pra entender que eles não se misturam porque cada um tem características, suas características, como estrutura, polaridade.

E: Como? Quais seriam essas características?

A: As estruturas, as polaridades.

E: Entendi. Então existem substâncias que vão se misturar ou não dependendo da sua..

A: Isso, da sua característica.

E: Ta. Mais alguma coisa?

A: Não, acho que basicamente isso mesmo.

E: Ta. Entao ta bom. Vamos ver mais algumas informações.

Pronto?

A: Sim.

E: Que que você pode me dizer nessa página Ana?

A: Ahnn, nessa a gente pode ver que cada, porque cada elemento tem a sua eletronegatividade, seu tamanho então, conforme é, ele tem a composição química, ele tem a estrutura molecular, e conforme ele tem mais eletronegatividade, deixa eu ver se é isso mesmo...é, quanto maior for a diferença de eletronegatividade, ele é polar, então, daí ele não se misturam, algo assim.

E: Você acha que a polaridade das moléculas, nesse caso, vai influenciar elas interagirem ou não?

A: Sim, sim.

E: Entendi. Mas como que consegue determinar se uma molécula tem uma ligação polar, se ela é polar ou não?

A: Pelas ligações, se ela é covalente.

E: Como assim? Como que a gente consegue identificar se uma molécula é polar ou não?

A: Quando ela tem, por causa da eletronegatividade.

E: Se tiver diferença ou não nos valores?...

A: É. Isso.

E: Ok. E mais alguma coisa nessa página que você compreendeu?

A: Não, basicamente isso mesmo.

E: Isso mesmo?

A: Isso.

E: Ta. Então vamos ver a próxima, obter mais algumas informações.

A: Ta, nessa fala que as setinhas quando tao em sentidos opostos são não polares e quando elas somam e...é, eles somam-se...e quando ela é não polar a nuvem eletrônica ela é homogênea, e quando ela é polar tem uma parte que é mais eletroeletrônica e a outra é mai neutra.

E: Ahan.

A: Isso.

E: Nesse caso você acha que, assim, após ler essas três páginas né, quais conceitos aqui nesta página ou nessas que te ajudaram a compreender por que que essas substâncias não estão se misturando?

A: Porque elas tem estruturas diferentes, polaridades diferentes e solubilidades diferentes.

E: Então pra gente determinar se elas tem uma polaridade diferente, o que que é importante a gente saber?

A: A fórmula dela, as ligações e a eletronegatividade.

E: Eletronegatividade, ok. Mais alguma coisa?

A: Não.

E: Agora vamos pra próxima, com mais algumas informações.

Pronto Ana?

A: Pronto. Nessa eu li que, cada uma, no caso as polares, elas se apontam, elas tem direções para apontar, já as não polares elas não tem pra se interagirem porque já que elas tem o campo elétrico homogêneo, e elas são diferentes também no tamanho, porque a molécula de hidrogênio é muito do que a de tetracloreto.

E: Ahan. Então tamanho também influencia?

A: Influencia.

E: Que que você compreendeu sobre isso, sobre o tamanho?

A: Que quanto menor elas se interagem mais. Tipo aqui elas se interagem mais, já, as de hidrogênio se interagem mais, já quando ela vai se interagir com o tetracloreto elas já não se interagem por elas serem bem menor.

E: Entendi. Então o que que a gente pode compreender nessa página, o que que nos ajuda a compreender que as moléculas, que essas substâncias não se misturam então?

A: Porque o tamanho delas não, são muito diferente.

E: Ok. Mais alguma coisa?

A: Não.

E: Vamos para a próxima.

Ok?

A: Ta, deixa eu.. Nessa fala da dispersão, que a ligação entre as não

polares, que é quando tem uma parte da eletrosfera tem eletronega, tem uma parte eletronegativa, que se junta a outra molécula também não polar que forma, forma essa ligação. E a ligação não, dos polares, pode ser as dipolo-dipolo e as ligações de hidrogênio que são mais fortes. Eu acho que é isso

E: Esses tipos de interações, você acha que influencia então, cada molécula tem uma força intermolecular diferente ne, você falou sobre as apolares e as polares. Isso vai influenciar a gente entender por que que elas não interagem entre si?

A: Sim.

E: Como que você acha que elas influenciam?

A: Porque como elas são diferentes, elas não vao se separar na hora, daí vai ficar uma em cima, é..

E: Você acha que elas não vao ter nenhuma interação?

A: Não, não.

E: Ahan. Certo. Mais alguma coisa que você compreendeu aí?

A: Não, só isso.

E: Então essa aqui é a última página. Em geral Ana, que que você entendeu nessa página?

A: Nessa página, mesmo que você misture, agite, elas vao se separar porque elas tem como, por característica, como o tamanho, a ligação, elas tem que se unirem, o hidrogênio com as moléculas de hidrogênio, e as de ccl4 com as ccl4, então por isso que elas tem mais facilidade em se unirem, elas acabam ficando juntas e se separando.

E: Certo. No geral então, depois de ler todo esse texto, como que a gente pode explicar quais são os conceitos principais pra gente compreender por que que essas duas substâncias se separam?

A: Elas tem tamanhos diferentes, fórmulas diferentes, solubilidades diferentes, polaridade, eletronegatividade.

E: Tudo diferente?

A: Tudo diferente.

E: Interação de formas diferentes ne.

A: Sim.

E: Ok. Você queria comentar mais alguma coisa?

A: Não, acho que é só isso mesmo.

E: Foi um texto de difícil compreensão?

A: Não, foi boa.

E: Foi tranquilo? As imagens te ajudaram?

A: Ajudaram, bastante.

E: Se tirasse elas ia ficar mais difícil compreender?

A: Um pouco. Seria bom se pudesse grifar.

E: É verdade. Eu queria te agradecer por ter participado, pela ajuda.

A: Eu que agradeço.

Estudante 17

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Bom dia Daniel. Eu vou te entregar uma página por vez, são seis páginas, e aí eu quero que você leia e aqui tem um espaço pra você representar o que ta discutido na página, vai ter uma orientação. Aí depois que você fizer essa parte eu quero que você me explique o que você entendeu dessa página de forma simples, o que que você entendeu. Se você quiser usar esse lápis aqui.

A: Vamos ver. São alguns conceitos que eu já tenho alguma noção também.

E: Ah então tá ótimo.

A: Porque eu fiz o técnico em Química.

E: Ah então tá ótimo, já tem uma base.

A: Aqui ele pede pra representar o que eu compreendi sobre a imiscibilidade de acordo com o que foi explicado aqui.

E: Isso, de acordo com o que ta nessa página.

A: Porque você deu o conceito de imiscibilidade mas não falou o que seria exatamente.

E: Isso, é bem superficial mesmo, o que que nessa página aí pode ser representado?

A: Eu entendi porque eu sei o que é imiscível, mas eu não sei se uma pessoa que não sabe poderia entender.

E: Faz da forma que você imagina que poderia ter uma imagem aqui nessa página que explicaria o que ta escrito aí.

A: Aí eu teria que fazer o que aqui, fazer um desenho no espaço abaixo que representa o que você

compreendeu em relação...Não sei como eu represento...

E: Como que você imaginaria nessa página se tivesse uma imagem, como que ela taria representando o que ta escrito aí, sobre imiscibilidade...

A: Ah, eu representaria duas fases igual ele fez, igual explica aqui certinho.

E: Pode ser então.

A: Mas aí posso usar...

E: Pode fazer do jeito que você quiser, você tem liberdade.

A: Meio torto mas tá bom.

E: Tranquilo.

A: Só com desenho ou posso usar palavras?

E: Pode usar o que você quiser, pode colocar legenda...

A: Aqui no caso eu expliquei o que eu compreendi de acordo com o texto.

E: Tá. Perfeito. Aí agora a gente tem a segunda página que avança um pouquinho na explicação.

A: Tá.

Nossa, tá muito bom. Teria que representar alguma coisa?

E: Aí aqui a gente tem um espacinho também né, que você pode usar pra representar o que que você compreendeu em relação a composição química, geometria que foi descrita aqui na parte anterior.

A: Mais fácil explicar com palavras do que com desenho.

E: Você pode me explicar com palavras o que que você entendeu e tentar fazer uma representação. As vezes é bom representar em desenho pra ver como que você criou esse modelo na sua mente também.

A: Não sei o que que eu explico.

E: Você representa da forma que você entendeu e agora se você quiser me explicar o que que ta nessa

página assim, uma explicação geral do que que você entendeu.

A: Pode escrever aqui?

E: Pode! Pronto?

A: Ahan.

E: Então você pode me explicar o que que você entendeu dessa página?

A: Dessa página, é, aqui explica sobre a geometria molecular, que quando você tem os elétrons sobrando você consegue é, ter uma repulsão e você molda a molécula ne, aí no caso da água, se você ter um par de elétrons sobrando faz com que o, a geometria dela seja angular. E do tetracloreto de carbono você não tem nenhum elétron sobrando, aí então o arranjo dela e a geometria acaba sendo a mesma coisa, e por conta da diferença de eletronegatividade do hidrogênio e do oxigênio na água, você tem uma diferença de polos, polaridade, é o que explica aqui. E do carbono essa diferença ela é bem dizer anulada ne, porque você tem quatro é, quatro átomos de cloro puxando com a mesma força o carbono, aí então ela fica apolar.

E: Ok, perfeito.

A: Foi, foi isso..

E: Tá certo, isso mesmo. Vamos ver a próxima, qual informação a gente tem agora. Menorzinha um pouquinho.

A: Nossa, é a mesma coisa que eu falei no outro.

E: Mas você pode fazer so o desenho, não precisa escrever não.

A: Oxigenio...hidrogênio...o certo é assim... (aluno desenhando). Deixa eu ver se eu fiz certo.

Acho que é isso mesmo.

É isso mesmo?

E: Tá. O que que você entende dessa representação que você fez? Me explica o que que ta nessa página!

A: Que de acordo com a diferença de eletronegatividade entre os átomos você vai ter uma força é, pra poder puxar aquela nuvem de elétrons daquele átomo. Aí no caso aqui eu fiz o desenho da seta apontando do hidrogênio pro oxigênio porque o oxigênio tem mais força pra poder puxar esses elétrons. Aí como essa força vai tudo pro, pro oxigênio, tem, eu não sei o nome disso...cade...carga parcial negativa aqui e a positiva aqui, aí deixa a molécula polar. Aí o contrário acontece no, no tetracloreto, porque aí eu tenho as cargas parciais tudo puxando com a mesma força o carbono.

E: Certo. Perfeito. Agora vamos avançar mais um pouquinho.

A: Jesus.

E: Você tá indo bem!

A: Aqui é a interação das moléculas de água, que a carga positiva se une com a carga negativa. E vamos ver, do tetracloreto...

Não sei como elas interagem entre si...

E: Qual? As de tetracloreto?

A: As de tetracloreto.

E: Você acha que tem alguma orientação específica?

A: Eu acho que não, porque elas são apolares então não tem como, pelo menos foi o que eu entendi. A água ela vai se formar certinho por conta da, é, interação eletrostática, positivo com negativo. Mas como a do tetracloreto não tem polos, eu entendo que ela vai se juntar, simplesmente se juntar, por conta, por conta das forças intermoleculares, seria a união delas.

E: Ahan. Mais aleatória né.

A: Eu não sei direito.

E: Certinho. Quase no fim!

A: Depois tem a de imagens?

E: Não, só esse pra você.

A: Ah, só esse?

E: Ahan. Mas depois eu te mostro elas.

A: Ann, aqui pede pra representar de novo a interação de molécula de água, representar interações entre água e água e água e tetracloreto. Ah tá.

E: Aí agora a gente tem vários tipos né, a gente tem interações entre água, entre moléculas polares e entre uma molécula polar e uma apolar, como que a gente pode representar isso? Que jeito que você pode representar esse tipo de interação?

A: Ah, entre água-água seria a que eu representei, que é o negativo com o positivo.

E: tá.

A: Por conta do dipolo-dipolo.

E: Existe mais algum tipo de interação?

A: Que a água pode fazer entre?

E: Entre ela mesma?

A: Seria a ligação de hidrogênio?

E: Tá. E como que ocorre entre água e tetracloreto de carbono? que tipo de interação?

A: Eu fiquei um pouco confuso, porque é bastante informaçõezinhas.

E: Informações né.

A: Mas eu fiquei um pouco confuso. Vamos ver se eu entendi corretamente. A ligação entre as moléculas apolares entre si seria uma ligação de dispersão, é correto falar isso né?

E: Isso.

A: Da apolar com a apolar.

E: Ahan.

A: Aí essa então da água com o tetracloreto seria aquela ocasionada pelos momentos dipolares que uma vai causar sobre a outra, que no caso a água causa no tetracloreto né, quando você aproxima uma molécula de água da molécula de tetracloreto você vai criar um momento dipolar ali, naquela molécula.

E: Ahan.

A: É, bem dizer um dipolo induzido?

E: Isso aí.

A: Mas eu não sei desenhar. Eu não sei desenhar.

E: Que jeito que você poderia representar, imagina aí. Algo que induziu, formou, tipo de um lado positivo, de outro negativo. Pensa numa nuvem eletrônica ao redor da molécula.

A: Como você tem uma nuvem maior aqui, no oxigênio, aí essa nuvem maior aproxima-se do

tetracloreto, induzindo um dipolo nela, aí então fica uma nuvem maior aqui, ou menor? Não sei.

E: Ah, tanto faz, você só precisa indicar qual carga tem aí.

A: Negativa, carga positiva daqui pra cá.

E: Ok.

A: Foi bem legal.

E: Agora a gente tem uma última discussão aqui a respeito assim, do geral das forças que estão entre essas substâncias.

A: Então, da água então seria os três, dispersão, dipolo-dipolo e ...

E: Todas as moléculas, independente se são polares...

A: Elas tem essa dispersão.

E: Elas tem dispersão.

A: Por conta da eletrostática.

E: Isso.

A: Entendi. Isso mesmo.

O que eu entendi dessa parte seria a força das interações, né. Que você tem uma força, é, maior ali pra molécula de água com água do que de água com tetracloreto, aí por isso as moléculas de água vão ficar mais próximas de si do que com as moléculas de tetracloreto, tanto por causa também do tamanho das moléculas de tetracloreto de carbono. Aí você tem aquela interação delas de dipolo induzido, mais só que ela não é permanente né, você, depois que você mistura e espera um tempo ela retorna e forma as duas fases, porque ela não tem uma interação grande uma com a outra.

E: Ahan.

A: Agora desenhar isso.

E: Como você desenharia?

A: Eu não sei desenhar isso daí.

E: Tenta. Como que você faria isso ao longo do tempo assim, se você pudesse fotografar essa, esse fenômeno assim.

A: Então posso fazer em duas partes. Eu teria uma solução meio que homogênea por um tempo...

E: Ahan.

A: Eu teria a separação de fases.

E: Ok.

E no geral Daniel, se fosse pra você me explicar, depois de ler todas

essas páginas, por que que você acha que essas substâncias não se misturam? Como que você conclui isso sabe? Como que você generaliza? A gente tem substâncias com características diferentes..

A: É, eu tenho a constituição química molecular diferente né, aí então essas, é, essas, qual é a palavra.... Essas diferenças não permitem que elas interajam entre si da mesma maneira. Como a água tem uma, uma composição mais, uma estrutura molecular mais, as moléculas de água são mais parecidas entre si, elas tem uma interação entre elas, e a de tetracloroeto entre si você tem uma interação entre elas, mas quando você coloca as duas juntas, por conta de uma ser diferente da outra, ter as suas próprias particularidades, é, você não consegue mistura-las.

E: Entendi.

A: Que mais?

E: Mais alguma coisa? Você acha que deu, da pra entender assim o que ta sendo explicado nas páginas?

A: Da pra entender sim, eu acho que é compreensível, mais eu tive que

voltar um pouquinho pra ler de novo porque...

E: Se tivesse...

A: Essa coisa que, são informações minuciosas assim...

E: É, são muitos detalhes ne.

A: Você pode acabar confundindo.

E: Se você tivesse, por exemplo, imagens que explicassem, não precisasse desenhar, você acha que te ajudaria a entender o texto?

A: Se eu tivesse imagens...

E: Durante a leitura.

A: Acho que com imagem fica mais compreensível.

E: Você costuma quando você ta lendo um capítulo de um livro usar as imagens que tem nessas páginas pra te ajudar entender o texto?

A: Quando é algo explicativo que tem imagens, eu gosto de olhar as imagens porque elas, de certa forma, te, tipo, mostra, te faz imaginar como realmente seria, como realmente seria ne.

E: Ahan.

A: Aí agora quando você só tem textos, é, você tem que fazer um esforço maior pra imaginar como que ocorre, aí então...

E: Então a abstração é alta ne...

A: É meio o que você pediu ne, eu lia o texto, eu compreendi, mas quando eu tinha que desenhar por minha conta era um pouquinho mais complicada porque você pensa, você pensa em varias formas de como você vai desenhar...

E: Mas é um exercício legal ne, você tentar representar o que que ta na sua mente ne.

A: É um exercício muito bacana.

E: Porque assim a gente ve se ta construindo um modelo conceitualmente correto, ne. Aí se eu olhar aqui e ver, não, ta errado, alguém vai poder, algum professor seu vai poder te ajudar através disso. Ah, ele tá entendendo a geometria de uma forma errada, ne, então a gente compreende o modelo mental do aluno quando ele representa. Isso é uma forma de..

A: Eu representei certo?

E: Ta correto.

Eu queria te agradecer pela colaboração ta?

A: Não, imagina. O prazer é meu, eu gostei.

Estudante 18

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Bom dia Jorge. Nesta primeira página do texto, eu quero que você leia o que que ta sendo pedido, o que que ta explicando e faça a representação aí em baixo que ele vai te explicar.

A: Agora tem que desenhar relacionado a, a, como é mesmo, solubilidade e a polaridade aqui em baixo ne?

E: Isso.

A: Aí no caso eu tenho que...

E: Como que você representaria o que que você entendeu aí? Que que você entendeu, você pode me explicar?

A: Ah, eu entendi que algumas substâncias, é, elas tem a polaridade e outras não, e isso faz, e mais algumas questões levando de, alguns conceitos de da, propriedades das

substâncias faz com que ela não se, faz ser heterogênea, em vez de homogênea.

E: Entendi, que elas não vao se misturar.

A: Isso.

E: Como que você poderia representar isso? Se você estivesse estudando num livro que tivesse imagens, como que você acha que estaria representada, da forma que você entendeu.

A: Deixa eu pensar. Posso colocar com o desenho de um átomo e mostrando que ele não é iônico, no caso, como gases nobres por exemplo, não se misturam ne, no caso, pela teoria. Posso fazer?...

E: Pode fazer da forma que você achar correto assim, que vai representar, por exemplo, ah eu olhando isso aqui eu sei que elas não estão se misturando, alguma coisa desse tipo.

A: Pode escrever alguma coisa também?

E: Pode, pode sim. Se você não quiser escrever não tem problema. Pode só desenhar se quiser.

A: Não, acho que é melhor, da pra entender mais.

E: Ok.

A: Aqui eu expliquei a teoria da eletronegatividade, que faz compostos iônicos entendeu? Átomos maior tem eletropositividade, isso faz com que ele oxida e tenta ter a ligação, pela teoria de ligação de valencia. Outra é a teoria de linus, linus Pauling, linus Pauling não, de, é, de Lewis quer dizer. Linus Pauling é outra coisa, de Lewis no caso. Expliquei isso, flúor tem mais eletropositividade por causa que ele é menor, com maior força de atração, isso faz com que ele tome elétron e fique um, e fique um, ligando um elétron, no caso ele fica,

um ânion no caso. No caso o frâncio tem uma grande probabilidade dele se tornar um cátion, perder o elétron. Isso faz que aconteça ligação e tem algumas substâncias que não da pra fazer isso. No caso, o hélio, por exemplo, por causa de ser um gas nobre, ele, ou demais também...

E: Então você acha que a configuração de cada um influencia se eles vão interagir ou não.

A: Isso, eu acho que é isso.

E: Então vamos agora pra próxima, aí eu queria que você lesse a página e a representação você fizesse nessa aqui.

A: Terminei.

E: Pronto?

A: Ahan.

E: Então eu queria que você fizesse um desenho que represente o que você entendeu em relação a composição química e geometria dessas moléculas descritas aqui. Como que você representaria o que você compreendeu?

A: Ah, aí entra um pouquinho na parte de geometria molecular, no caso. Fazer o desenho. Essa parte deu pra eu explicar só o da água por causa que ela não forma polos por causa que os vetores pelo, tem a força, maior que ta tendo aqui é que ele ta tendo mais eletronegatividade do oxigênio, ele é mais eletronegativo, então quer dizer que o vetor vem pra cá. Pra se formar polo tinha que ser o contrario, hidrogênio tinha que ser mais eletroposi, eletronegativo. Aí formaria um vetor pra cima, isso fazia o polo positivo e negativo, aqui no caso ta positivo e negativo. Que eu lembro na aula que eu aprendi é relacionado a isso. Agora o outro, molécula por exemplo de, como que fala dela?

E: Tetracloro de carbono.

A: Isto, aqui é um, aqui já da pra ter polo, acredito que sim.

E: Por que que você acha?

A: O carbono ele é 2,5 a eletronegatividade dele e o cloro é 3,0. No caso a molécula ficaria, a lá, o carbono como o átomo central, também não dava pra ser, ter polos.

Acho que é isso, não é? Não tenho certeza.

E: Ta.

A: Eu tentei explicar...

E: Mas nessa parte, que que em geral você compreendeu?

A: Eu entendi que o que faz da, ter a polaridade na molécula é a eletronegatividade em si, vai depender da eletronegatividade. O principal aí é isso, eu acho.

E: Ok. Então vamos pro próximo agora, a gente vai ter umas informações novas.

A: Humm, agora eu entendi até a, agora eu vi que eu tava errado ne. No caso, vou desenhar agora as duas moléculas.

E: Ahan, desenha como que você entende.

A: Vou usar a maneira certa agora, aquela lá ficou errada em teoria.

E: Ok. Agora você pode me explicar o que que você entendeu?

A: Eu entendi que pra molécula ser polar, no caso, perguntando se ela, no caso, se ela for polar, não pode ter o cancelamento dos vetores.

E: Eles tem que se...

A: Eles tem que sempre se somar. Já aqui ele não é polar, porque tá o cancelamento, vamos supor, puxando pra cá e acontece um cancelamento, a força dele, que tá exercendo aqui, é anulada por essa, isso que eu expliquei aqui, por causa dos vetores cancela.

E: Entendi. Aí você pode pensar agora, conforme as informações que a gente teve nas três páginas, por que que água e tetracloro de carbono não se misturam?

A: Pelo simples falo da polaridade, um é polar e o outro não. É isto? Eu acredito que sim?

E: Você acha que a polaridade é o principal conceito que explica isso?

A: Sim, junto com a eletronegatividade que eu tinha falado um pouco antes.

E: Ah tá, então tá. Então vamos ver a próxima.

A: Ah, agora eu entendi também, sobre o tamanho da molécula, também interfere se vai ou não misturar. Porque um, é, moléculas

de tamanhos iguais elas podem se misturar mais, entendeu, ela tem mais...

E: capacidade...

A: Mais capacidade. Como a molécula aqui que falou, ela é maior, isso, uma molécula de água pra ela, vai ter menor número de...

E: Interação.

A: Interação.

E: Ok. Então você pode me fazer um desenho que vai representar como que elas interagem entre si ne.

A: Ahan.

E: Pensando que elas são moléculas que tem cargas ou não...

A: Verdade. Posso fazer um exemplo que o professor fez pra explicar isso pra nós de maneira geral? Quer ver... Uma molécula pequena, se for com muitos, grandes, no caso, não vai ter espaço pra muitos. Agora se for pequeno, e tamanhos iguais..

E: Ela consegue interagir com mais...

A: Ela consegue interagir com mais.

E: Entendi.

A: Entendeu? Aqui se for pra colocar o mesmo tanto não vai dar.

E: Não consegue, isso é verdade. Então você acha que o tamanho vai influenciar também?

A: Vai influenciar.

E: Ok.

A: Precisa escrever alguma coisa explicando?

E: Não, precisa não. Como já tá gravando, já fica tudo que você falou. Já tá acabando tá? É a penúltima essa aí.

A: Aqui tá falando de um, um tipo de ligação é a ligação de hidrogênio. Eu acho que um hidrogênio se liga a molécula que tá um átomo menos eletronegativo com o mais eletronegativo, no caso o oxigênio, nitrogênio e flúor ne. E quando isso acontece exige mais, precisa de mais força, mais energia pra que separe essas, essas moléculas que se formou com as ligações de nitrogênio.

E: Certo.

A: Fazer um desenho aqui.

E: Você pode me explicar esse desenho?

A: Ahan. Geralmente, é, quando o átomo central for o mais eletronegativo da molécula e quando acontecer ligação de hidrogênio, por sinal ele vai separar as moléculas uma das outras, ela vai ter mais dificuldade, ou seja, vai gastar mais energia. Aqui o que geralmente, claro, o hidrogênio é o menos eletronegativo da molécula, isso faz com que é, não haja tanta repulsão, isso faz com que haja junção e fique mais fácil, mais difícil de se, separar uma das outras.

E: Entendi.

A: Acho que esse é um...

E: Porque o flúor é muito eletronegativo ne.

A: Acho que ele é o mais.

E: É o mais.

A: Mais eletronegativo da tabela, isso faz com que seja difícil também de separar. Quanto mais complexo, mais difícil será de separar.

E: Mais alguma coisa nessa página que você gostaria de chamar a atenção?

A: Tem um conceito que eu acho, bem no começo aqui, que acho que eu nem entendi muito bem...(lendo).

Aqui é a parte de congelar o, parar assim na verdade o tempo que os elétrons ficam, continuam em movimento dentro do átomo da molécula no caso. Mas se parar a gente podia ver um lugar mais concentrado e outros menos. E acho que influencia também na, na,

molécula. Aí no caso tinha que usar um modelo mais de considerar as ligação como campos de orbitais, porque ne, interações entre eles, na teoria de ligação de valencia, acho que isso aqui tem um pouco a ver com isso, só que agora eu não consigo imaginar um jeito de desenhar essa parte.

E: Ta, ok. Então ta, então essa é nossa última página, uma conclusão.

A: Eu entendi aqui.

E: Entendeu?

A: Ahan. É, a molécula de CCl_4 , tetracloreto de carbono, ela acontece ligação entre si pelo fato de, não dipolo igual a água, mas sim pelo, a força de dispersão, então isso faz com que cada molécula entre si se misture, e aí isso acontece quando se mistura H_2O na proveta por exemplo, se misturar, pode chacoalhar, a tendência é ela fazer, usar essa força e a, a molécula de água se juntar com ela própria, então...

E: Quais seriam as forças que a água tem entre si?

A: É, dipolo-dipolo no caso. Isso acontece em geral, no caso, na amostra, isso vai se, cada uma indo pro lado oposto, por causa ela vai, o CCl_4 vai pela força de dispersão e o H_2O vai pelo, pelo dipolo. Isso faz com que eles se separem, essas duas conceitos faz com que isso não, que as duas não se façam homogêneo, mas sim heterogêneo, fazendo duas fases.

Posso desenhar?

E: Como que você representaria?

A: Eu expliquei que a força de dispersão é diferente do dipolo-dipolo, isso faz com que eles não se misturam, porque é os conceito que faz ele, as moléculas se unirem, são diferentes, e faz com que haja separação.

E: Entendi. Então no geral, após ler todas essas páginas, como que você acha que você poderia explicar por que que água e tetracloreto de carbono não se misturam?

A: Por causa de muitos conceitos, não é só por causa de um ou de outro, é a união de vários. Pela força de dispersão e pelo dipolo, pelo questão de, também de eletronegatividade da molécula, pelo tamanho e muitas coisas que faz, forças intermoleculares no caso, que faz elas não se unir no contexto. São vários fatores que vão...

E: Influenciar.

A: Influenciar.

E: Certo, mais alguma coisa que você gostaria de dizer Jorge?

A: Também eu acho que também a densidade.

E: Você acha que a densidade influencia?

A: Um pouco também, por causa de um líquido ser mais pesado, assim como água e óleo, acho que também acho que influencia, não tanto a fundo como...(inaudível).

E: Ta jóia então. Muito obrigada ta Jorge, pela sua participação, pela colaboração nessa pesquisa ta bom.

A: Obrigada você.

Estudante 19

(E): Entrevistador

(A): Aluno

E: Stephany, esse trabalho é referente a elaboração de um material didático pra ensinar o conteúdo de forças intermoleculares, polaridade, solubilidade das substâncias.

A: Ahan.

E: A gente tá elaborando um material composto por texto, por imagens e as atividades com os alunos estão sendo diferenciadas.

Hoje eu vou propor pra gente fazer uma atividade onde eu vou te dar uma página, né, uma por vez, e aí você vai ler, me explicar o que que você entendeu e aí algumas aqui ele tá pedindo pra fazer um desenho, uma representação daquilo que tá descrito na página, daquilo que você compreendeu, tá? Então qualquer dúvida você pode me perguntar. Essa é a primeira.

A: Ta. Pode riscar o texto?

E: Pode, pode ficar a vontade.

A: Ta.

Não pode só escrever?

E: Não, eu gostaria que você desenhasse alguma coisa assim que represente né, o que você entendeu sobre substâncias que se misturam ou não.

A: Ta. Pode ser uma coisinha simples?

E: Pode, pode.

A: Um tubo de ensaio.

E: Justamente, aquilo que você conseguiria imaginar se alguém tivesse te ensinando, por exemplo, com um experimento, ou com qualquer coisa, tá?

A: Ah tá.

E: Certo. Aí você pode me explicar o que que você entendeu?

A: Bom, eu entendi que algumas substâncias elas se misturam e outras não, elas se misturam, tem umas que se misturam porque a, a composição e a estrutura das partículas digamos, elas, não sei a palavra, elas interagem entre si e algumas não por causa dessa diferença na estrutura que não se encaixa com a outra.

E: Entendi. Certo. Então vamos agora pra próxima página. A gente tem novas informações que vão nos fazer entender um pouquinho sobre isso.

A: Ahan.

E: Pronto?

A: Acho que é isso.

E: Que que você compreendeu nessa página Stephany?

A: Bom, eu entendi assim que, no começo aqui ele fala de como é composta a água e o, aí como é que é mesmo...

E: Tetracloreto de carbono.

A: de carbono. Aí ele fala da geometria, como é que funciona por causa da polaridade, que a água ela seria angular, porque os elétrons da camada de valência estão distribuídos de uma forma diferente, e isso da a geometria da molécula, e da mesma forma o tetracloreto de carbono, que seria a geometria tetraédrica.

E: Ahan. Certo.

A: Aí ele fala que a composição atômica e a forma geométrica com os elétrons, eles vão determinar como é que os elétrons estão distribuídos e a distribuição eletrônica ela determina a polaridade da molécula.

E: Da molécula. Ok.

A: Aí ele fala também que as ligações, a ligação que essas duas moléculas fazem é a ligação covalente e os elétrons eles vão se aproximar da, é, do átomo mais eletronegativo, do elétron, do átomo mais eletronegativo, e essa parte que ficou com maior quantidade de elétrons vai ficar com, esse aqui é um...

E: Sigma.

A: Sigma, sigma com esse sinal de negativo e a menos polar, no caso, ficaria com o positivo.

E: Tá. Você acha que esses conceitos e eletronegatividade, de polaridade da ligação aí, no caso influenciam as moléculas, essas substâncias é, interagem ou não entre si? No caso a gente sabe que elas não se misturam, né. Você acha que esses conceitos influenciam nisso?

A: Sim, porque a eletronegatividade aqui tá falando, ela vai influenciar na polaridade, aí tem aquele negócio de apolar e polar não se misturarem.

E: Entendi. Mais alguma coisa nessa página que você gostaria de comentar?

A: Ah, só esse daqui, esse lembrete da eletronegatividade, que é a habilidade de atrair os elétrons. Acho que é só isso.

E: Certo, tá bom. Então vamos pra próxima.

Pronto?

A: Pronto.

E: Então você pode me explicar que que você compreendeu?

A: Sim. Aqui volta a falar sobre a polaridade das moléculas e, aí, como é que é mesmo? Pera aí. Ela pode ser representada por essas setas que seriam o momento, onde é que tá, é, seria o dipolo na verdade, da molécula. No caso da água então seria, ela seria polar porque, porque os dois momentos dipolar são apontados para cima, então significa que ele não, não anula, que eles vão ser somados.

E: Entendi.

A: No caso do tetracloreto de carbono, como cada um tá indo pra um lado, eles vão acabar se anulando, então por isso que é a molécula é apolar.

E: Por que que eles vão cada um para um lado?

A: Porque ele vai pro eletro, pro átomo mais eletronegativo, então os elétrons tendem a ir pra o cloro, aí aqui no caso ele tende a ir pro oxigênio.

E: Entendi. Então nesse caso a gente consegue saber a polaridade geral dessa molécula, né?

A: Isso.

E: Você acha então que, é, algum conceito aí te ajudou a compreender por que que as moléculas, essas substâncias não se misturam?

A: Sim. Porque se eu sei a polaridade da molécula, eu vou saber se elas vão se misturar ou não, porque é, como é que é aquela frase? Eu esqueci. É semelhante dissolve semelhante, então, se elas não tem a, a mesma polaridade, então elas não vão se misturar.

E: Entendi. Mais alguma coisa desta?

A: Acho que não.

E: Tá quase terminando.

A: Nossa, nesse aqui eu não vou saber desenhar como é que elas se interagem.

E: Vamos pensar, que que você compreendeu nessa página?

A: Bom, ela falou que, a água ela tem uma carga parcial negativa e a outra positiva. A negativa que seria o oxigênio, ela se junta com a positiva que seria o hidrogênio.

E: Então quando a gente tem duas moléculas que se aproximam, como que você acha que elas vão se orientar? Talvez te ajude a pensar numa representação. Pensa em duas moléculas. A gente tem uma parte positiva e uma parte negativa né. E aí quando elas se aproximam, como que ela vai estar orientada? Igual você leu aí?

A: A orientação das moléculas da água em relação a outra, pera...

E: Região com a carga parcial negativa...

A: Foi o que eu desenhei anteriormente?

E: É, você desenhou aqui que ela tem a carga certo? Mas se você tivesse uma outra molécula se aproximando dela, como você acha que elas iam estar orientadas? Por exemplo, você acha que a outra molécula, ela ia tá direcionada pro átomo de oxigênio? Qual parte você acha que vai ter interação pensando nas cargas?

A: Ah ta, tipo, se eu tivesse uma outra molécula, então o oxigênio se juntaria aqui...

E: Isso, pensando que ele vai se orientar com carga positiva com negativa, da forma... da forma que ta descrito...

A: Ta. Eu sei que não ta certo meu desenho, mas eu vou desenhar.

E: As vezes ta.

A: Aí.

E: Aí sucessivamente.

A: Ahan.

E: Existe alguma outra coisa que você entendeu nessa página?

A: Ah sim, que ele falou uma das causas pelo qual a agua não se mistura com o tetracloreto de carbono seria o tamanho, a água é uma molécula muito menor que o tetracloreto de carbono. É um dos fatores que faz com que ela não se misture.

E: Ahan. Mas por que que você acha que o tamanho influencia? Que que você entendeu em relação a isso?

A: Nossa, essa parte eu não sei.

E: Ok, não tem problema.

A: Essa parte eu não sei.

E: Ta, não tem problema. Vamos pra próxima. Ta terminando.

A: Nesse caso aqui seria o mesmo?

E: Voce poderia pensar nos tipos de interações que ta descrita nessa página, pode ser que seja da mesma forma que você desenhou, mas acrescenta alguma coisa, que que você acha?

Que que você compreendeu nessa página?

A: As interações moleculares elas são chamadas de forças de dispersão, tanto pra moléculas polares quanto pra apolares. É.. o dipolo induzido de uma molécula ela afeta a distribuição de elétrons das moléculas vizinhas quando, aqui tem um exemplo aqui, quando se pudesse congelar os elétrons, uma hora ele taria distribuído totalmente na molécula, mas outro ele taria concentrado. Aí, é por isso que o dipolo induzido ele afeta nessa distribuição de moléculas vizinhas e

as cargas parciais com sinais opostos em moléculas diferentes elas se atraem causando as forças de dispersão. É, essa força de dispersão, é, as forças de dispersão é o único tipo de interação entre as moléculas polares, não polares quer dizer, e as moléculas polares elas tem um momento dipolares permanentes, que é o que acontece interação do, do polo negativo com o polo positivo, ela fica unida muito mais tempo do que as apolares.

E: Que seria o caso do desenho que você fez, são dois polos ne.

A: Dois polos diferentes, então aqui a interação é muito mais forte do que uma molécula apolar. Então no caso aqui seria, aqui no caso seria uma ligação de hidrogênio, que seria muito mais difícil você quebrar essa ligação porque a diferença de eletronegatividade é grande, e se fosse com água e tetracloreto seria mais fácil porque a diferença não é tao grande.

E: Em relação a agua e tetracloreto, a gente tem uma molécula polar e uma não polar. Você acha que qual tipo de interação existe, de força intermolecular entre essas duas moléculas?

A: Dessas que tao citadas no texto?

E: Isso.

A: Essa aqui de forças de dispersão.

E: Dispersão, ok. Porque a molécula de tetracloreto a gente não tem um polo ne, pra poder fazer uma ligação eletrostática.

A: Isso.

E: Certo. Mais alguma coisa?

A: Acho que não.

E: Ta difícil?

A: Mais ou menos. (risos)

E: Aqui a gente tem mais ou menos uma conclusão.

A: Ahan. Isso me ajuda a pensar que eu tenho que estudar mais pra prova de química geral.

E: Já ta estudando hoje.

A: Bem mais. (risos)

E: Pronto?

A: Pronto.

E: Que que você pode me explicar nessa página?

A: Bom, eu entendi aqui que as moléculas de tetracloreto de carbono elas são atraídas umas pelas outras pelas forças de dispersão e, as de agua é dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. Pode ter as duas interações?

E: Pode.

A: Bom, mas quando elas tao, quando você junta uma molécula de agua e uma molécula de tetracloreto de carbono, ela vai formar um dipolo induzido, é, assim.. a agua ela quer ficar mais junto com a agua por causa das ligações seriam mais fortes do que com o tetracloreto.

E: Certo.

A: Entao, essas, aqui ta falando, que essas interações que elas formam tem que competir com as interações do molécula de tetracloreto com elas próprias e com a de h2o. Entao mesmo se você misturar, agitar digamos o tubo de ensaio, ela vai se misturar mas quando deixado em repouso ela vai voltar a separar.

E: Entendi.

A: Tanto pelo fato do tamanho das moléculas, tanto pelo fato do h2 ele querer ta mais próximo das moléculas de agua que tem uma interação maior do que com as do tetracloreto de carbono.

E: Perfeito. Em geral, se você tivesse agora assim, que me explicar assim, é, por que que essas duas substâncias não se misturam, que conceitos você acha que seriam necessários pra me explicar isso?

A: Ah, tem que saber de polaridade, no caso, é, a eletronegatividade pra você saber qual é o tipo de ligação, que mais, o tamanho das moléculas que aqui no texto, eu não sabia, mais também agora influencia, e eu acho que é isso.

E: Ahan. Ok Stephany, certinho, muito obrigada tá, pela sua participação, por ter colaborado comigo.

A: Ahan.