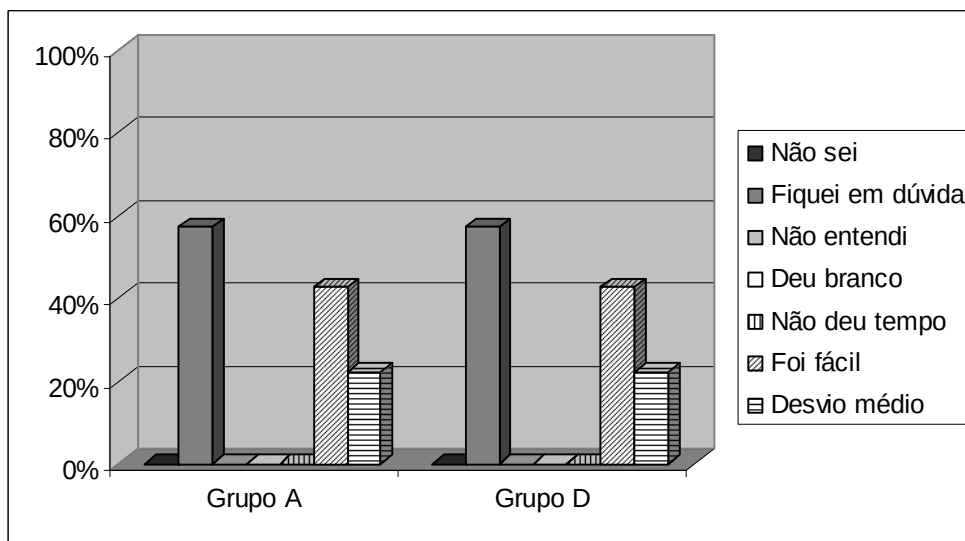
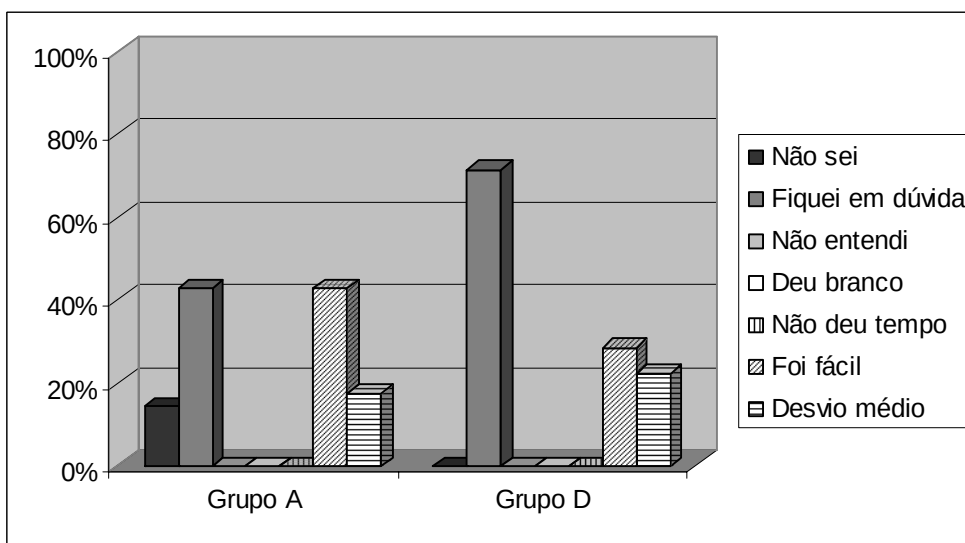
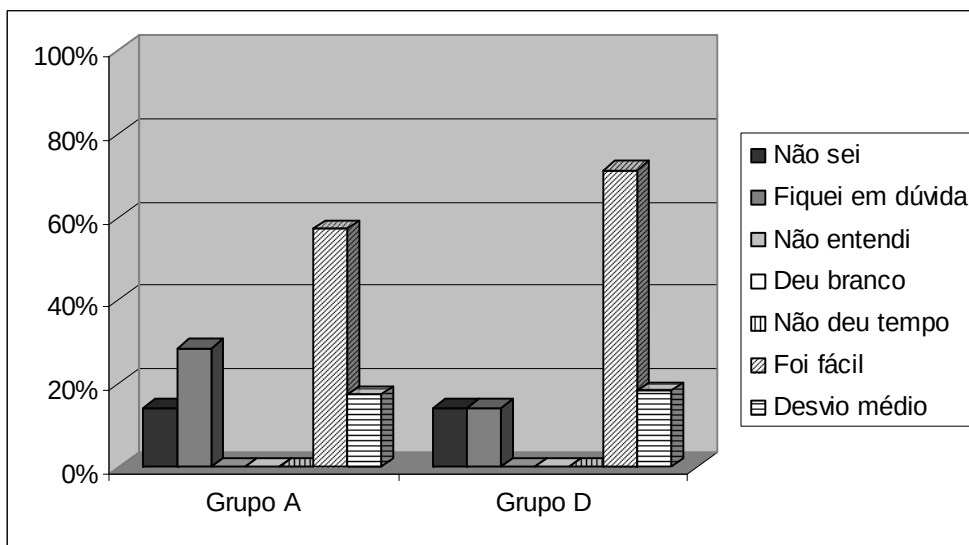


Gráfico 10 – Auto-avaliação do CS₂ na visão do software

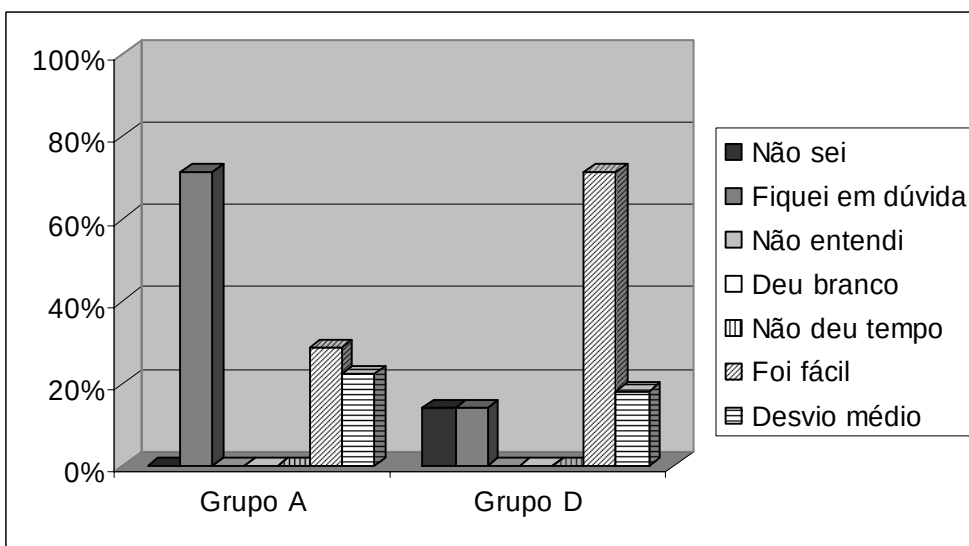
- No composto SF₆, estrutura octaédrica com maior grau de dificuldade na montagem, o grupo A, por ter mais experiência, obtém um resultado melhor.

Gráfico 11 – Auto-avaliação do SF₆ na visão do software

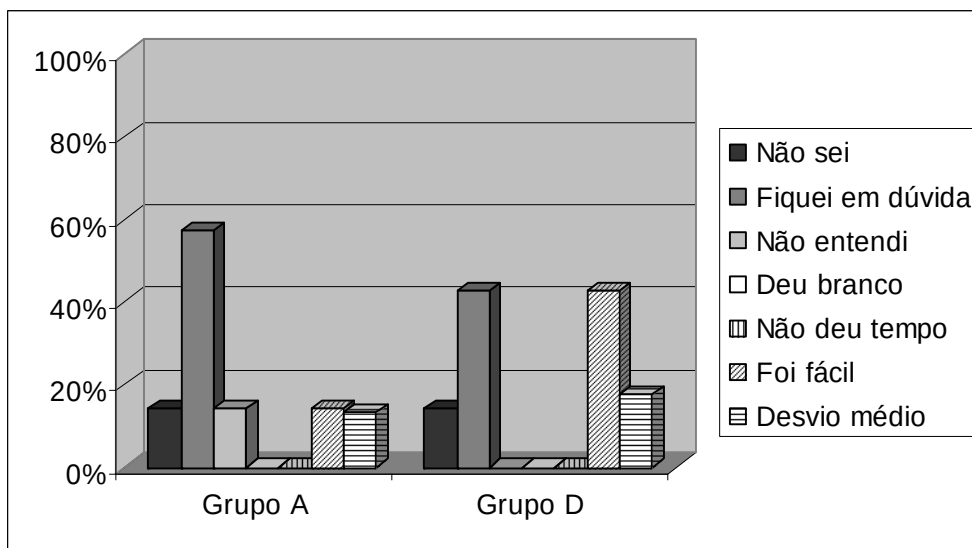
- No composto F₂, uma estrutura linear extremamente fácil, o resultado foi inesperado, pois o grupo D apresenta maior percentual na opção “foi fácil”, e o grupo A apresenta percentual maior de dúvidas.

Gráfico 12 – Auto-avaliação do F_2 na visão do *software*

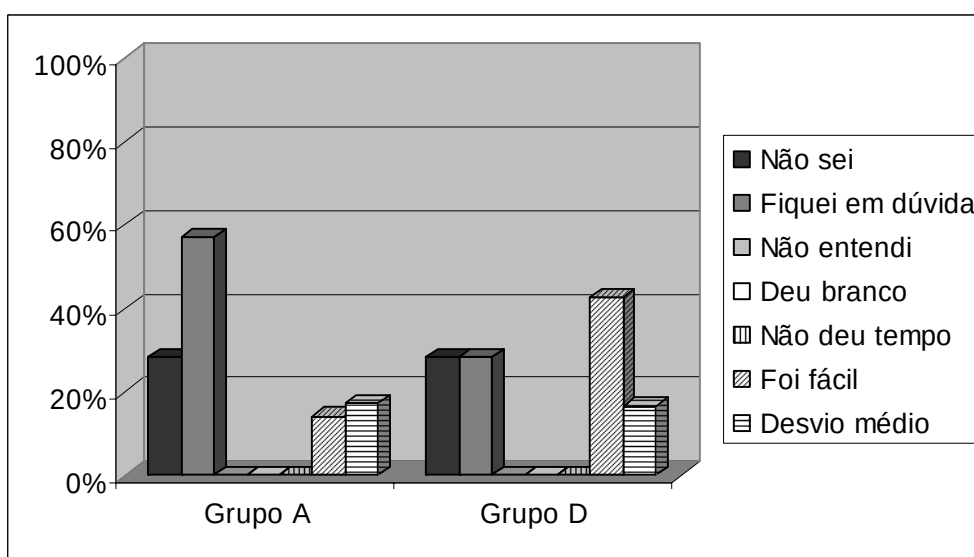
- O mesmo acontece com o CCl_4 , estrutura tetraédrica com grau médio de dificuldades. O grupo D, novamente, tem um percentual maior no quesito “facilidade”, considerando a visão do *software*.

Gráfico 13 – Auto-avaliação do CCl_4 na visão do *software*

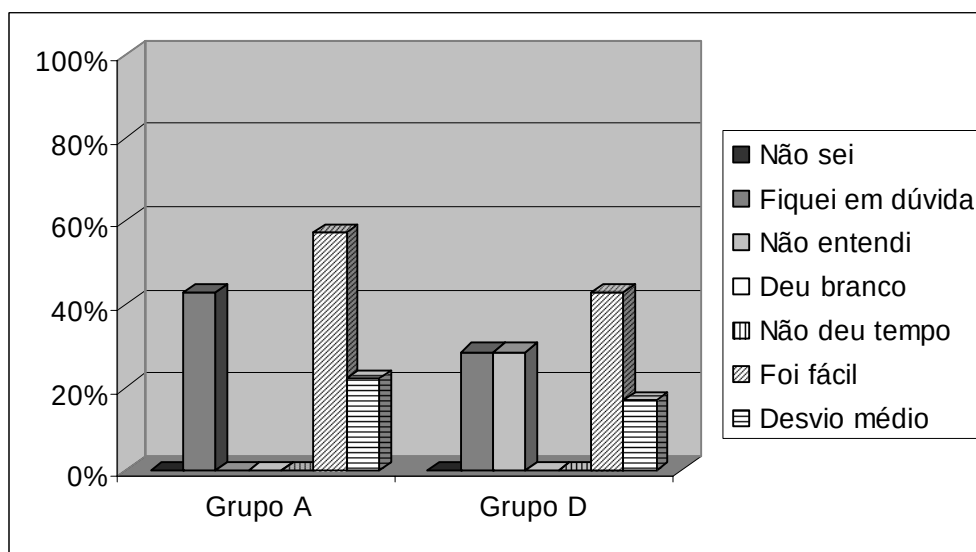
- Neste caso, também, o grupo D obteve um percentual maior, no que tange ao aspecto da facilidade, do que o grupo A. O cianeto de hidrogênio (HCN), que é uma molécula linear, mas apresenta uma ligação tripla e uma simples no elemento carbono, o qual é o centro da molécula.

Gráfico 14 – Auto-avaliação do HCN na visão do *software*

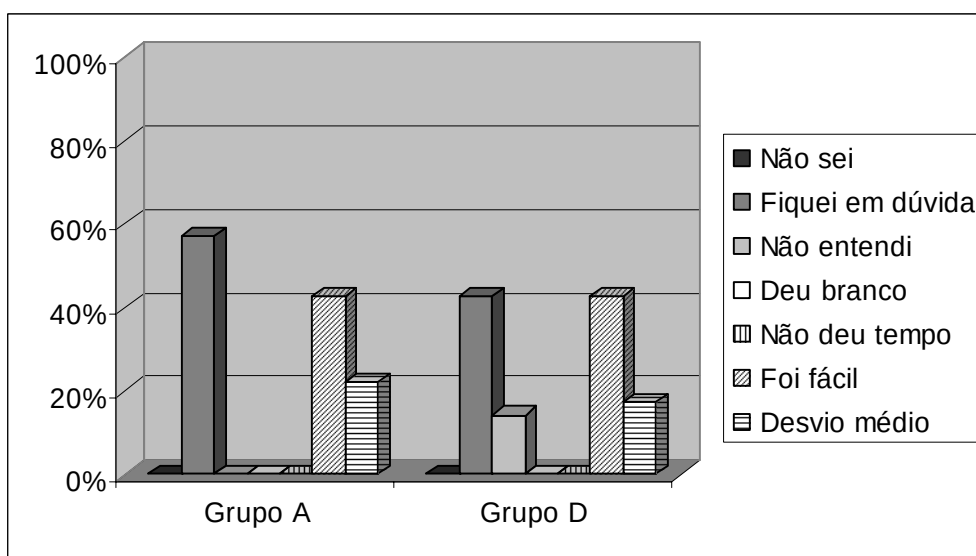
- O COCl_2 apresenta uma estrutura trigonal, em que o carbono, novamente, faz uma ligação covalente dupla e duas ligações covalente simples. O grupo D, outra vez, apresenta percentual maior de facilidade em relação ao grupo A.

Gráfico 15 – Auto-avaliação do COCl_2 na visão do *software*

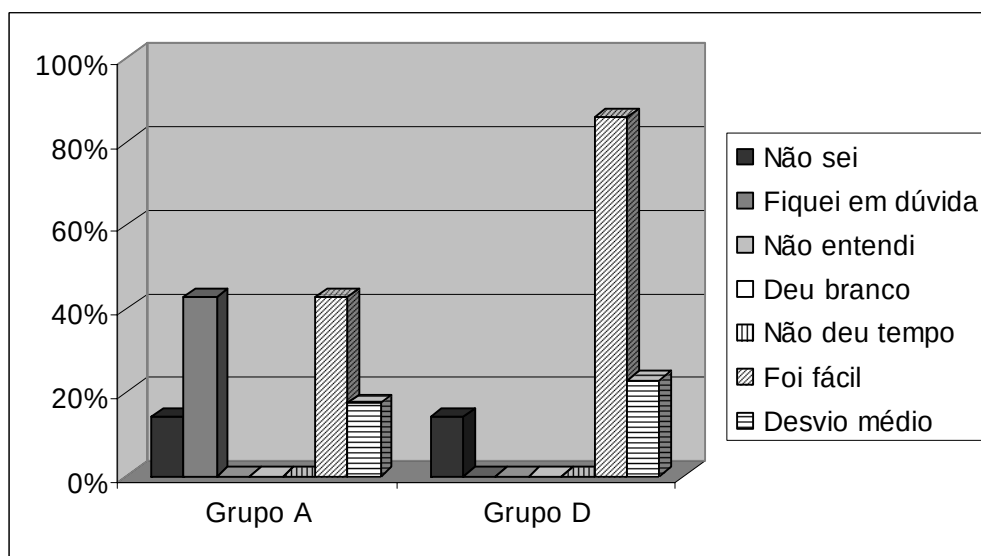
- No SO_2 , o percentual de facilidade no grupo A volta a ser maior. No grupo D, 28,6% dos entrevistados optam pela opção “Não entendi”.

Gráfico 16 – Auto-avaliação do SO₂ na visão do *software*

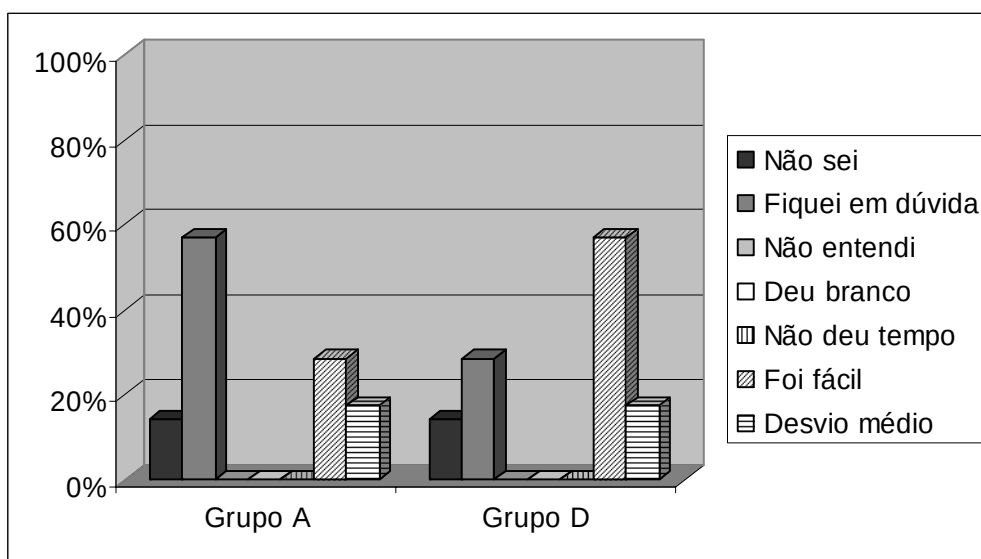
- No SO₃, que apresenta um grau de dificuldade maior, o grupo A consegue ter um percentual de facilidade maior que o grupo D. A opção “Não entendi” é relacionada à dificuldade de trabalhar as estruturas pela primeira vez.

Gráfico 17 – Auto-avaliação do SO₃ na visão do *software*

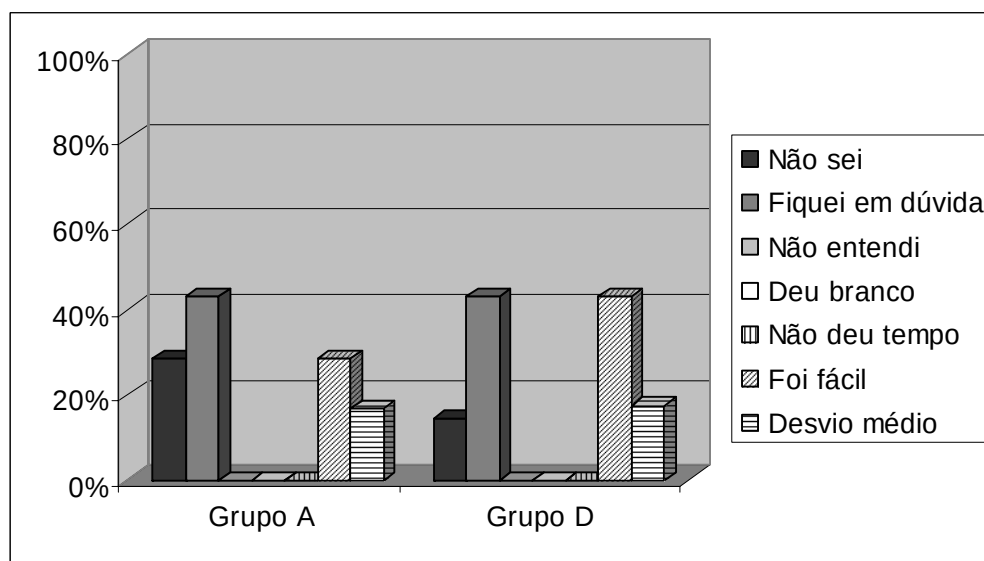
- O composto ClBr é uma estrutura linear muito fácil, apesar de ser uma ligação entre halogênios. O grupo D apresenta um alto percentual de facilidade em relação ao grupo A: este aparece com 14,3% de pesquisados que optaram pelo quesito “Não sei”.

Gráfico 18 – Auto-avaliação do ClBr na visão do *software*

- No PCl_3 , de novo, o grupo D apresenta percentual maior do que o grupo A. É um composto com grau médio de dificuldade e esse percentual é significativo.

Gráfico 19 – Auto-avaliação do PCl_3 na visão do *software*

- Com o PCl_5 , mesmo sendo uma estrutura mais complicada que o PCl_3 , novamente o grupo D consegue ter uma maior porcentagem do que o grupo A.

Gráfico 20 – Auto-avaliação do PCl_5 na visão do *software*

DIFICULDADES NA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE CHEMSKETCH®

As dificuldades dos alunos na utilização do *software* foram categorizadas em três (3) grupos básicos: Grupo I – Dificuldades no gerenciamento do computador; Grupo II – Dificuldades no domínio do *software ChemSketch®* e Grupo III – Dificuldades na compreensão dos conceitos químicos;

Grupo I – Dificuldades no gerenciamento do computador

O computador hoje é uma ferramenta muito utilizada em todos os setores da sociedade e principalmente, na escola em que se realizou o estudo. Embora os alunos tenham acesso livre ao laboratório de tecnologia educacional no contra turno de suas aulas, eles apresentam dificuldade no manuseio do mouse em relação à área de trabalho:

- Alguns alunos, ao iniciar a atividade no computador, não acessavam corretamente a barra de ferramenta – programas. Ficavam procurando o programa nas barras de ferramenta, chegando ao ponto de procurar o *software* até em acessórios – Ferramenta do sistema (Figura 46);

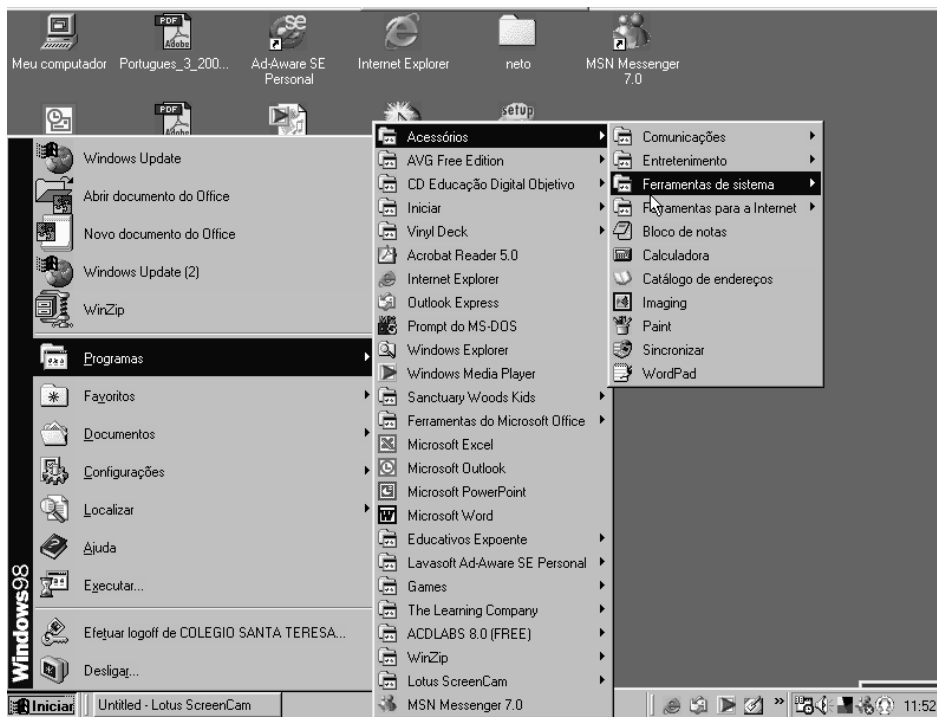


Figura 46 – Área de trabalho

- Quando necessitavam nomear e salvar os arquivos que estavam sendo construídos, apresentavam deficiência no gerenciamento das pastas e também na forma de nomear o arquivo (Fig.47);

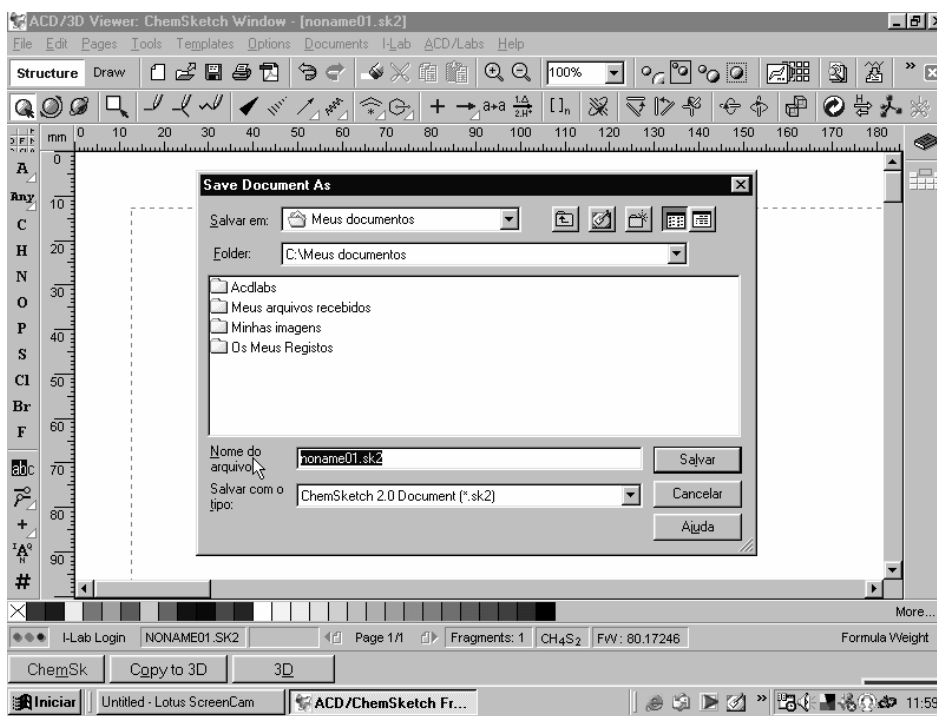


Figura 47 – Dificuldade em salvar o trabalho

- Ao localizar um determinado arquivo já salvo anteriormente, apresentavam certa deficiência para manipulá-lo, dificultando até a

localização do mesmo na pasta em que se estava desenvolvendo o trabalho (Fig. 48);

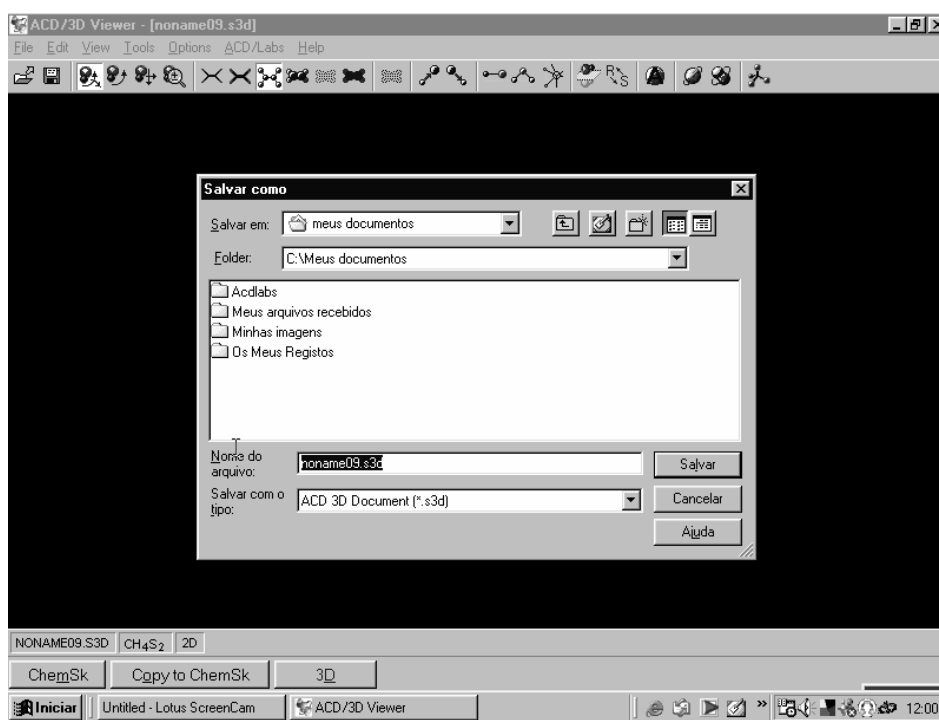


Figura 48 – Dificuldade em localizar a pasta de trabalho

Grupo II – Dificuldades no domínio do *software ChemSketch®*;

Os resultados da investigação sugerem que a utilização do *software ChemSketch®* por parte dos alunos é bem aceita. Ainda assim, verifica-se que algumas dificuldades ocorreram, como por exemplo, os alunos tentavam abrir novamente a tabela periódica, quando ela já estava aberta, demonstrando uma desorientação em relação à utilização do *software* e, também, no desenvolvimento da atividade que estava sendo desenvolvida (Fig. 49);

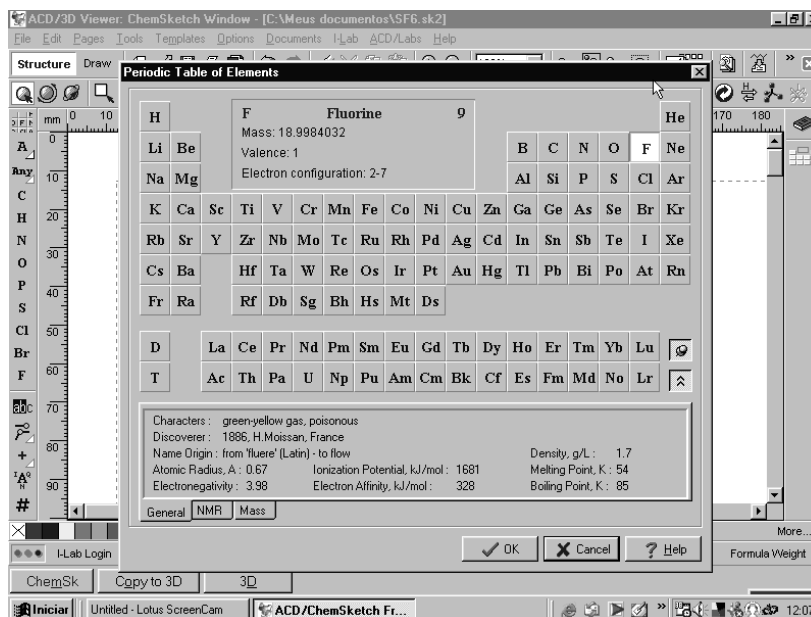


Figura 49 – Tentando abrir mais de uma tabela periódica

- Na área de trabalho do *software*, alunos montavam dois compostos ao mesmo tempo (CH_4 e H_2S). Isso ocorria porque o aluno havia selecionado um elemento, no caso o enxofre, clicando sobre ele e clicando também na área de trabalho, fora da fórmula que estava sendo construída, demonstrando dificuldades de interação com o *software* (Fig. 50);

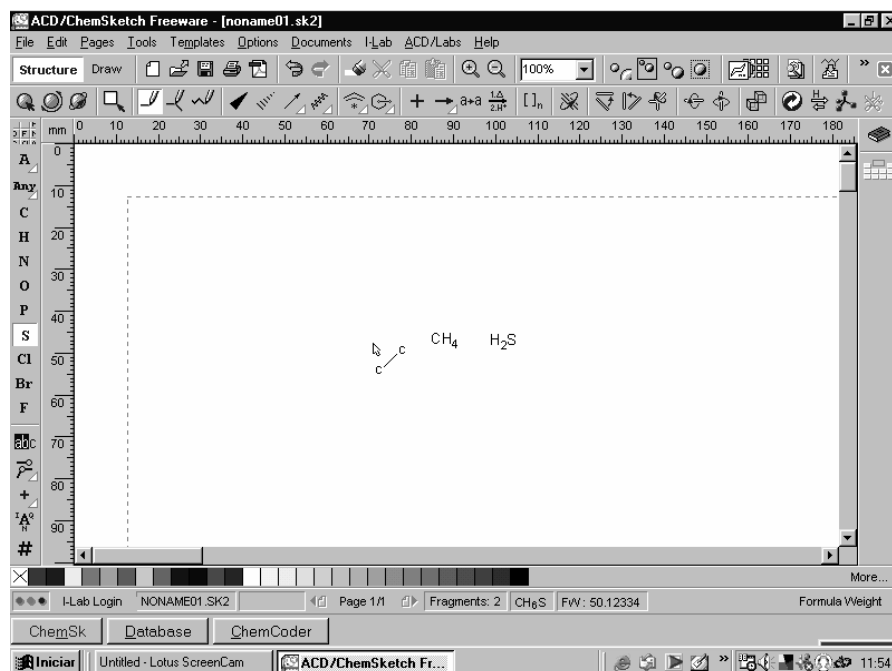


Figura 50 – Criando mais de um composto na mesma área de trabalho

- O aluno abria a área de trabalho do *software* e ficava por alguns minutos sem tomar nenhuma decisão, movimentando apenas o mouse

de um lado para o outro, desorientadamente, sem ativar nada que pudesse auxiliar na construção da pesquisa proposta (Fig. 51);

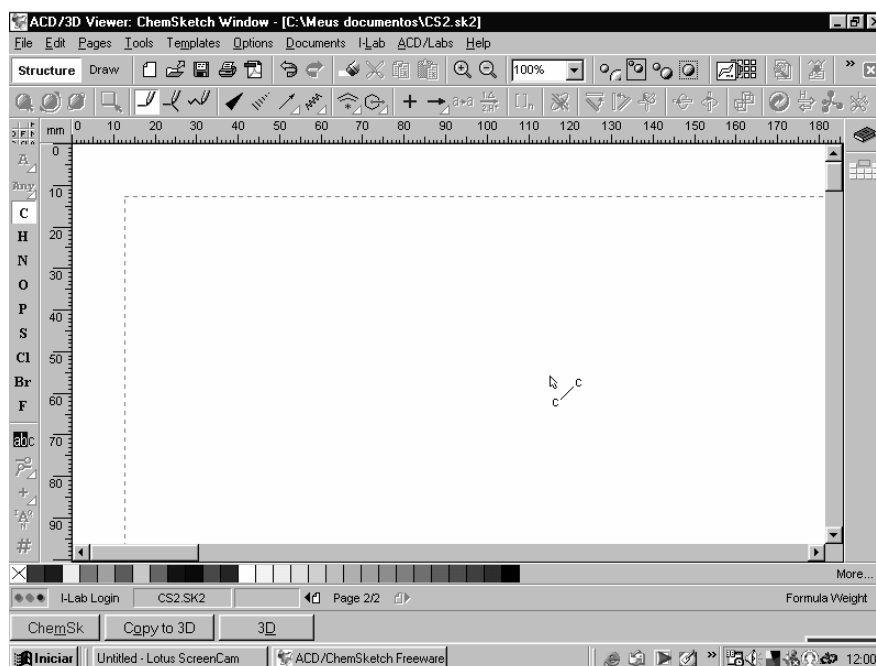


Figura 51 – Abria a área de trabalho e não construía nenhum composto.

- O aluno tentava visualizar a estrutura de uma molécula, mas ele ainda não havia construído nenhuma estrutura para que pudesse visualizá-la (Fig. 52);

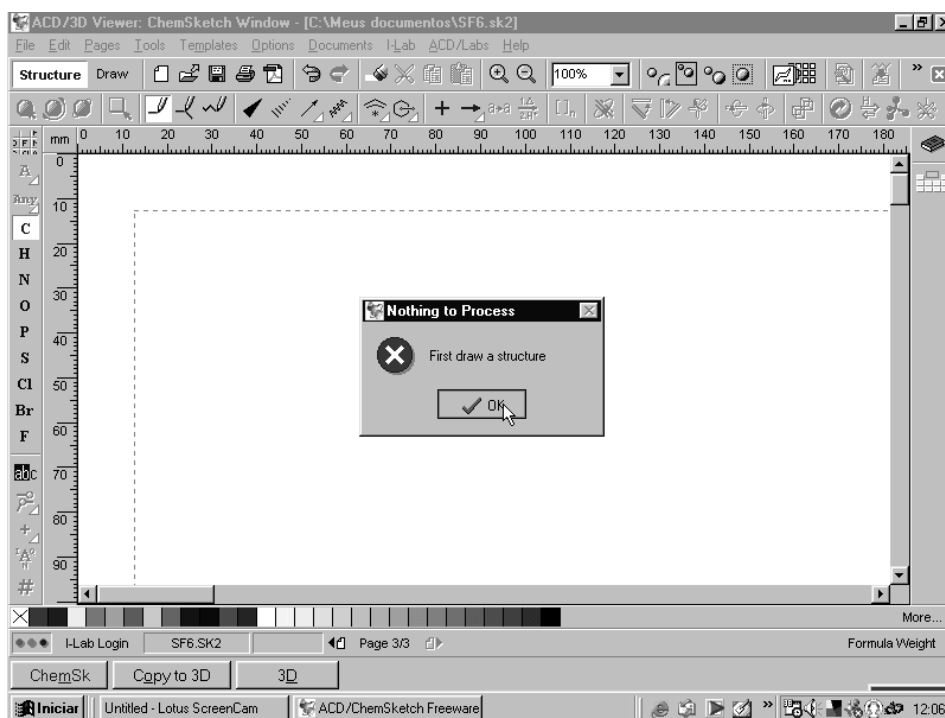


Figura 52 – Tentava visualizar a estrutura mas não havia construído nenhuma

- Os alunos, em determinado momento, criavam compostos totalmente desconectados com o trabalho a ser desenvolvido. Nesse caso, foi

observado que o aluno havia criado uma estrutura CH_7N_3 (circulada na imagem) que não existia na atividade proposta (Fig. 53);

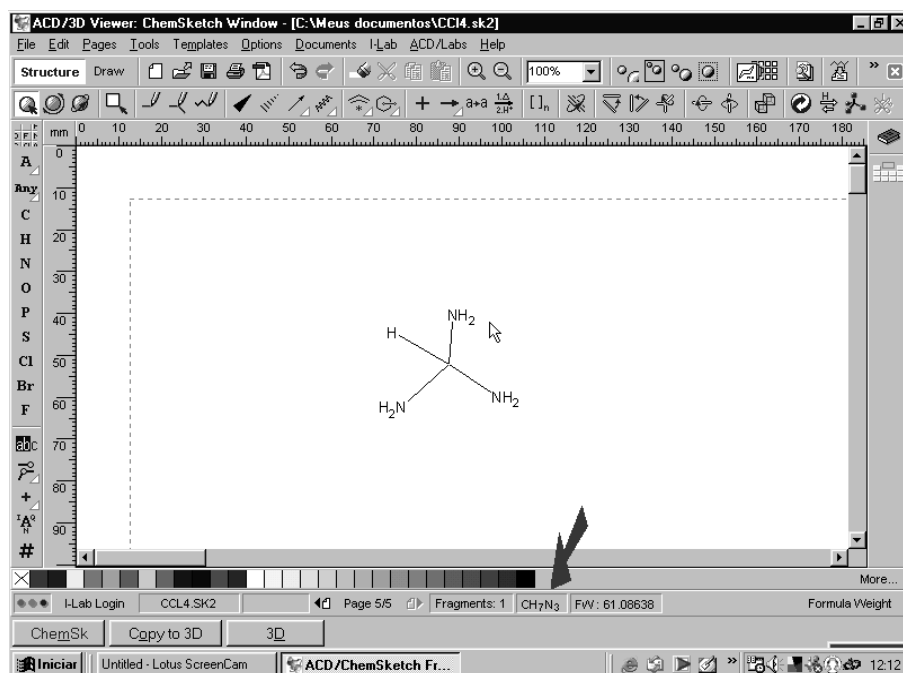


Figura 53 – Estruturas criadas que não existiam no trabalho proposto.

- Logo depois, o aluno teve dificuldades com esse mesmo composto (CH_7N_3), pois ele foi representado sem que os átomos de hidrogênio aparecessem na estrutura espacial do composto criado (Fig. 54).

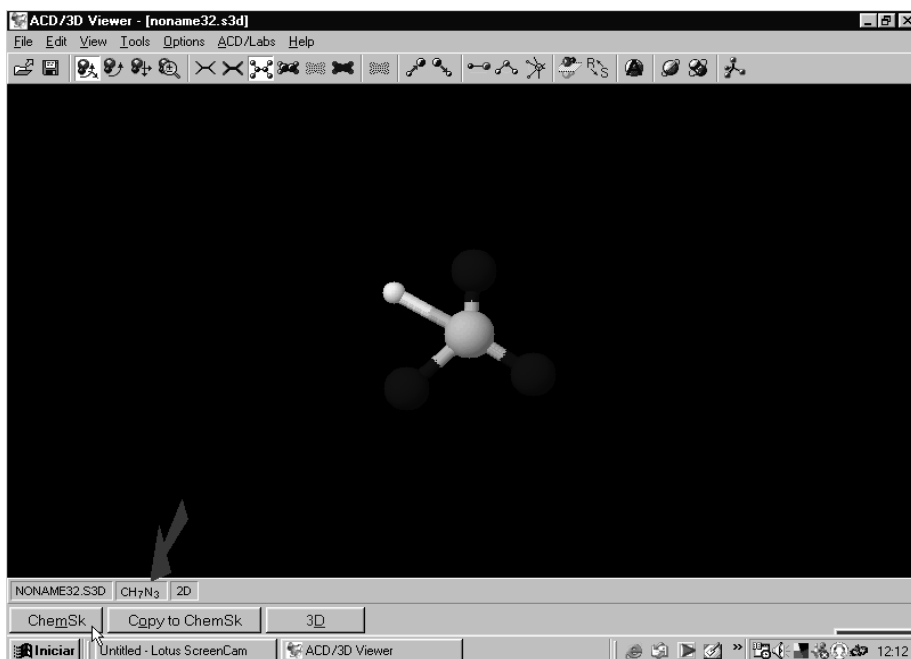


Figura 54 – Estrutura espacial que não apresentava os átomos de hidrogênio existentes no composto.

- O aluno, ao construir o dióxido de enxofre (SO_2), deixa claramente na área de trabalho os hidrogênios ligados ao oxigênio, o que produz o

composto H_2SO_2 (Fig. 55), sendo que ele, ao salvar a estrutura criada, salva com a fórmula SO_2 .

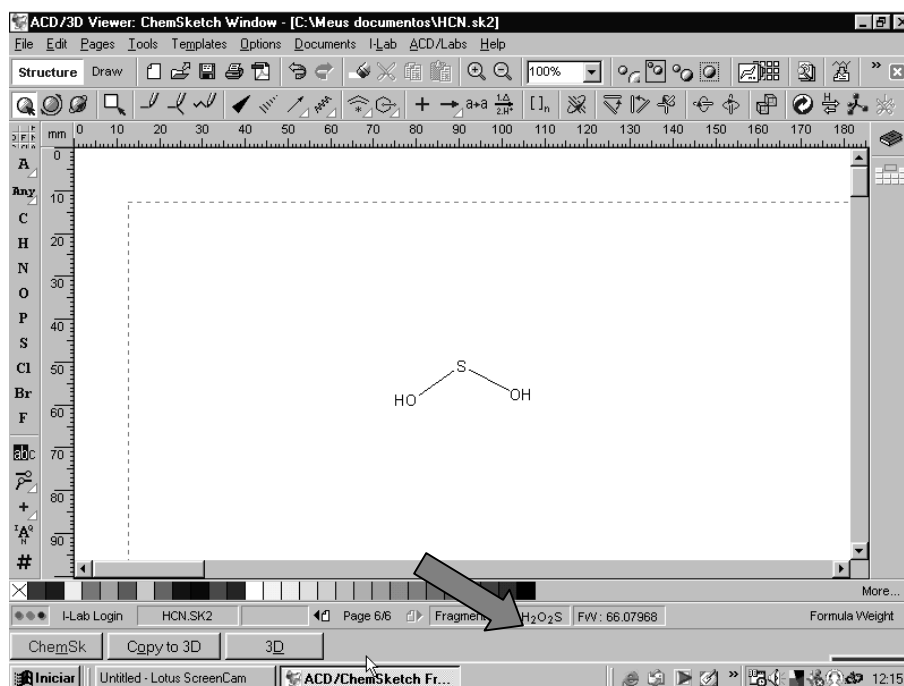


Figura 55 – Estrutura espacial que não apresentava os átomos de hidrogênio.

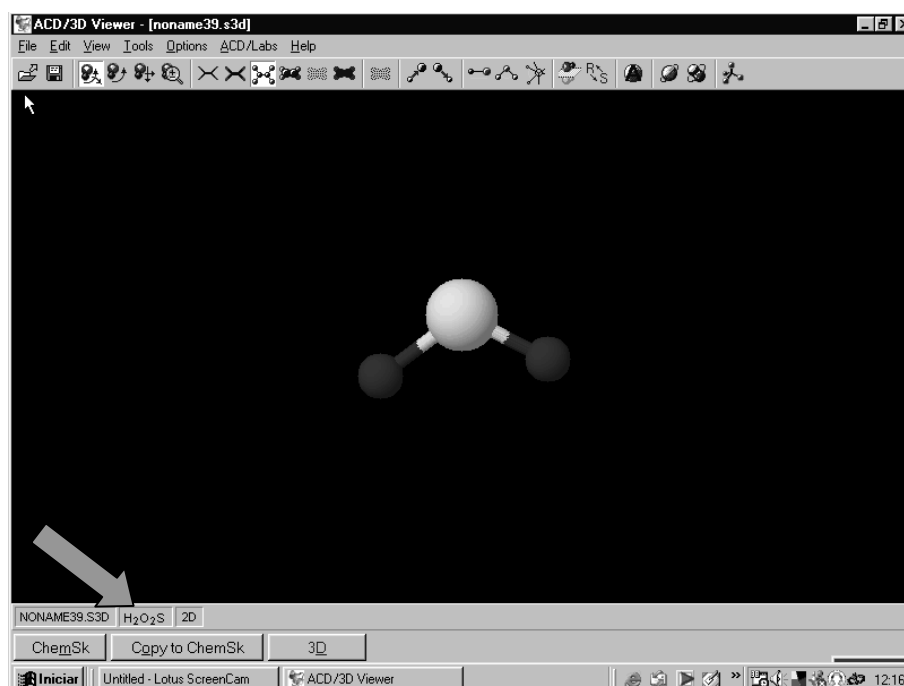


Figura 56 – Estrutura espacial no ACD/3D Viewer que ocultava os átomos de hidrogênio.

- Não consegue observar isso no 3DViewer, porque os átomos de hidrogênios estão ocultos, mas aparecem na área de trabalho, conforme a seta demonstrada (Fig. 56).

Grupo III – Dificuldades na compreensão dos conceitos químicos;

- O aluno tentava ligar o elemento flúor com outro átomo de flúor, que estava ligado ao enxofre, na tentativa de montar o SF_6 , demonstrando assim total desconhecimento com relação às ligações que o flúor pode efetivamente realizar (Fig. 57);

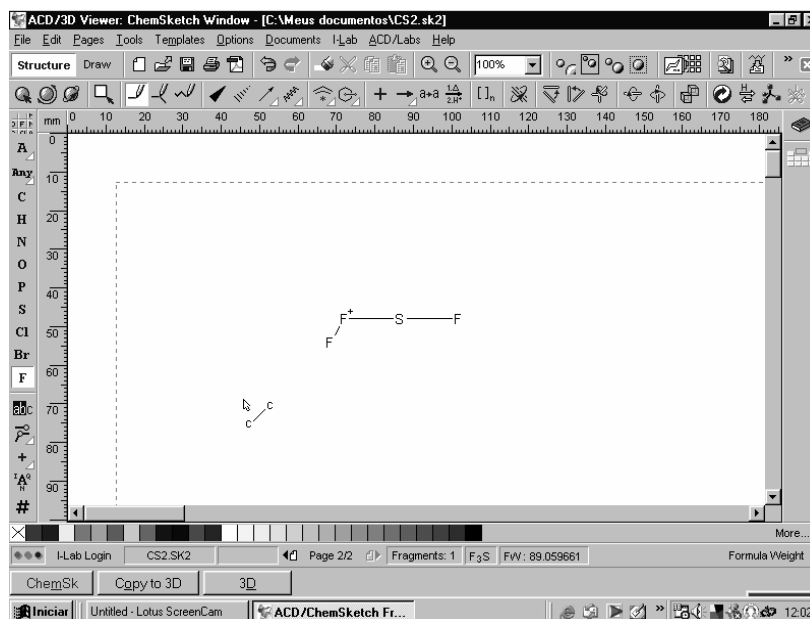


Figura 57 – Montagem inadequada para o composto SF_6

- Dificuldade em interligar os elementos para que fossem efetuadas as ligações entre eles. Na figura a seguir (Fig. 58), foi assinalada por uma seta a construção de duas estruturas separadas (fragments: 2), inviabilizando totalmente a estrutura que está sendo criada.

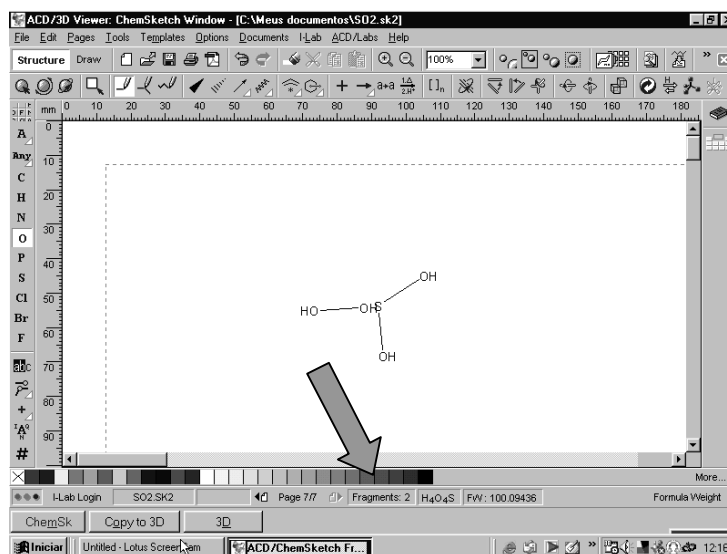


Figura 58 – Montagem com 2 fragmentos de compostos

- Elementos apresentam valências incompatíveis com as ligações reais, conforme o caso do enxofre (com carga +), que o aluno não conseguiu montar porque não eliminou os hidrogênios (Fig. 59). A fórmula pretendida era o trióxido de enxofre (SO_3).

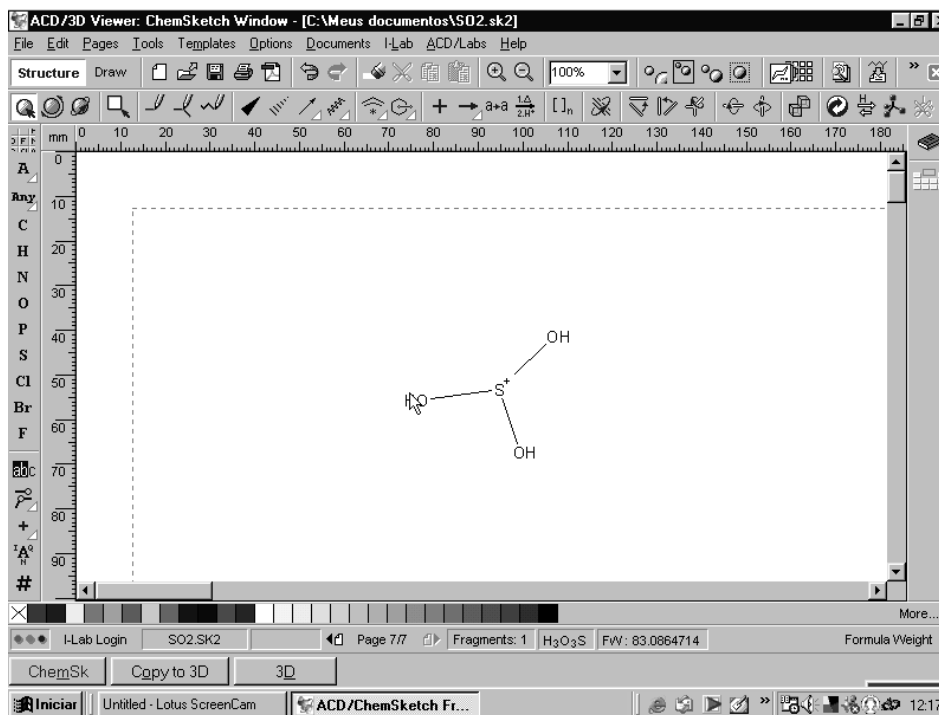
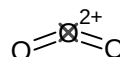


Figura 59 – Montagem de fórmula completamente diferente da solicitada.

Outros aspectos observados foi na construção de uma molécula de gás ozônio (O_3), pelos alunos. A atividade foi cancelada pela dificuldade que os mesmos tiveram na preparação da fórmula estrutural. Na representação de tal fórmula colocavam a ligação coordenada entre os dois átomos de oxigênio além da ligação dupla. O *software* não permitia construir corretamente conforme a figura 60.

Figura 60 – Erro ao executar o *software* para construir uma molécula de gás ozônio - O_3

O mesmo problema não recorreu com o dióxido de enxofre (SO_2), embora os compostos fossem quimicamente similares (figura 61). Do mesmo modo, o trióxido de enxofre (SO_3), que apresenta uma ligação coordenada a mais entre um enxofre e um oxigênio (figura 62).

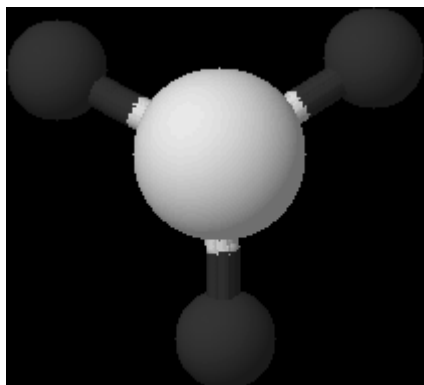


Figura 61 – Estrutura espacial do trióxido de enxofre - SO_3

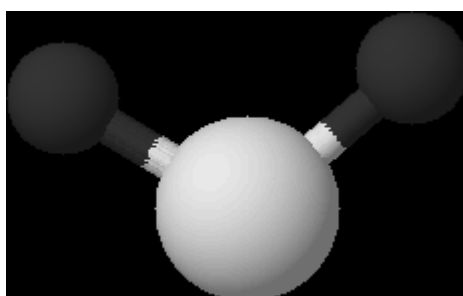


Figura 62 – Estrutura espacial do dióxido de enxofre - SO_2

Alguns alunos manifestaram ter dificuldades com a linguagem do *software*, pois estava em inglês. O fato do *software* estar em língua inglesa dificultava a sua aplicação não conseguiram identificar o significado de determinados comandos, embora o professor/pesquisador tenha explicado anteriormente.

PONTOS POSITIVOS NA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE

Os resultados das análises sugerem que a utilização do *software ChemSketch*[®] pode favorecer aos alunos a aprendizagem de modelos mais adequados para a representação das moléculas, por propiciar a visualização tridimensional das moléculas.

Outro aspecto positivo é a possibilidade de consultar a Tabela Periódica durante a execução das atividades. (figura 63). Além disso, tal *software* não apresenta dificuldades mais complexas.

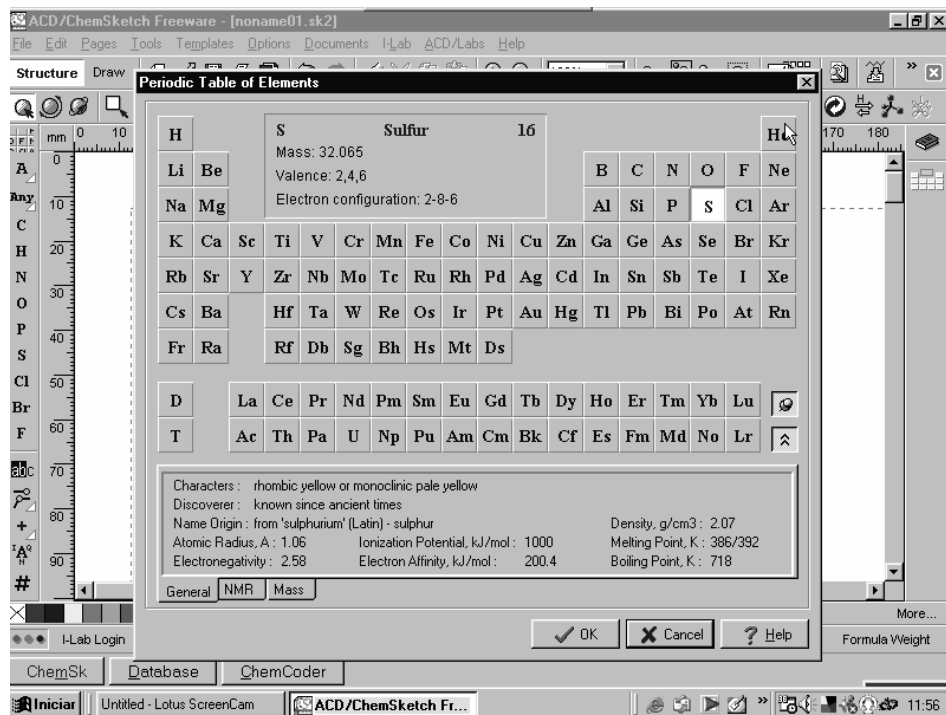


Figura 63 – Utilização da tabela periódica durante a atividade proposta.

- É possível, também, construir moléculas muito bem montadas com angulações perfeitas em relação ao modelo VSEPR, conforme mostram as figuras 64, 65 e 66.

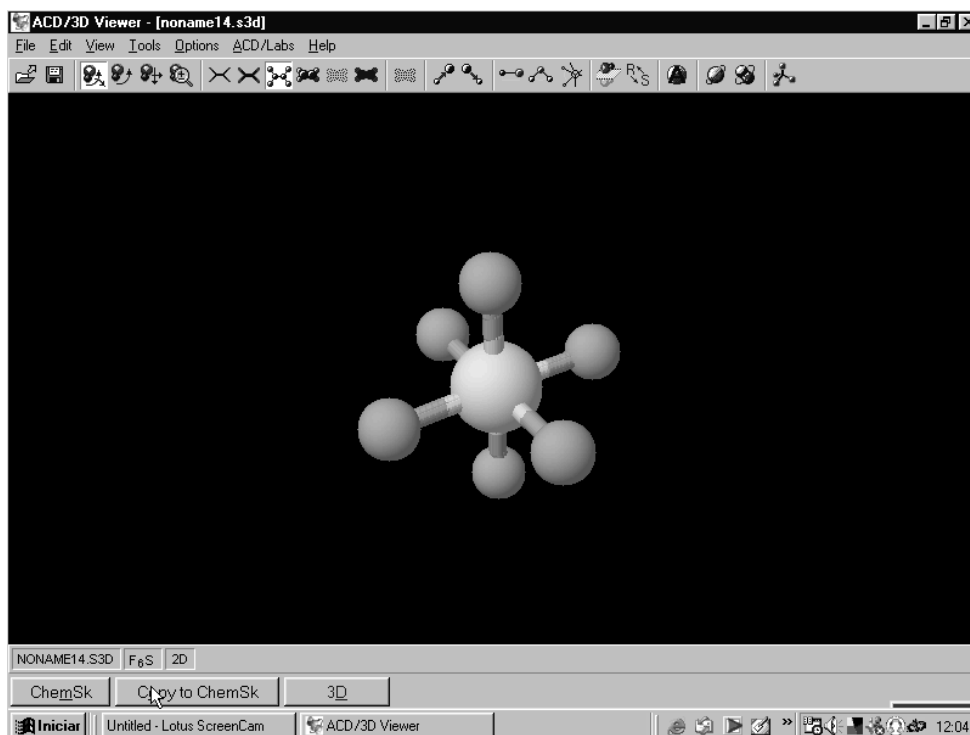


Figura 64 – Montagem de acordo com o modelo VSEPR para o SF_6

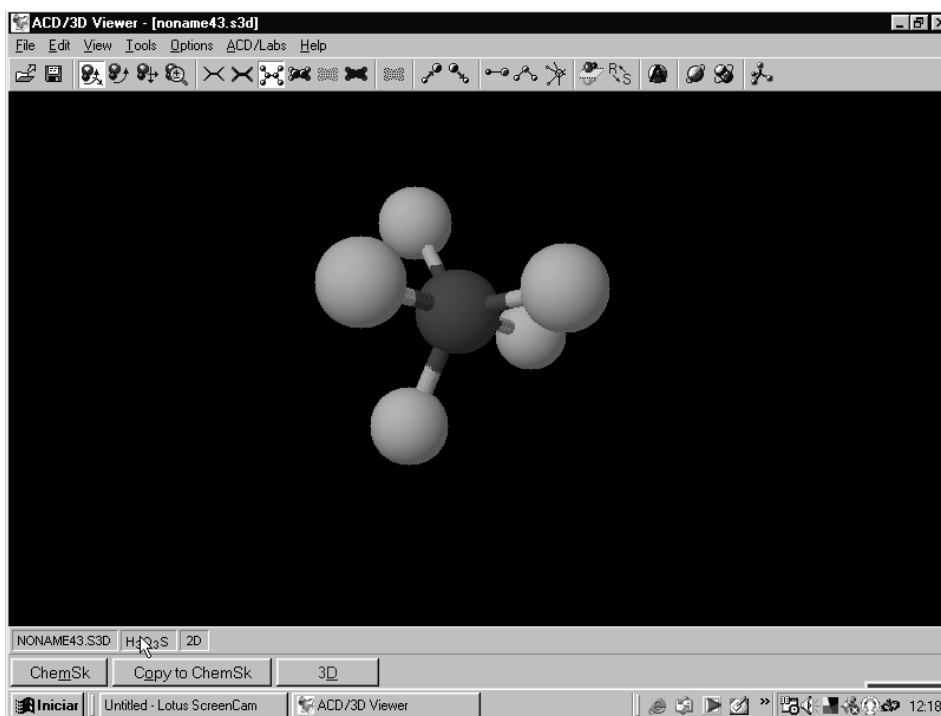


Figura 65 – Montagem de acordo com o modelo VSEPR para o PCl_5

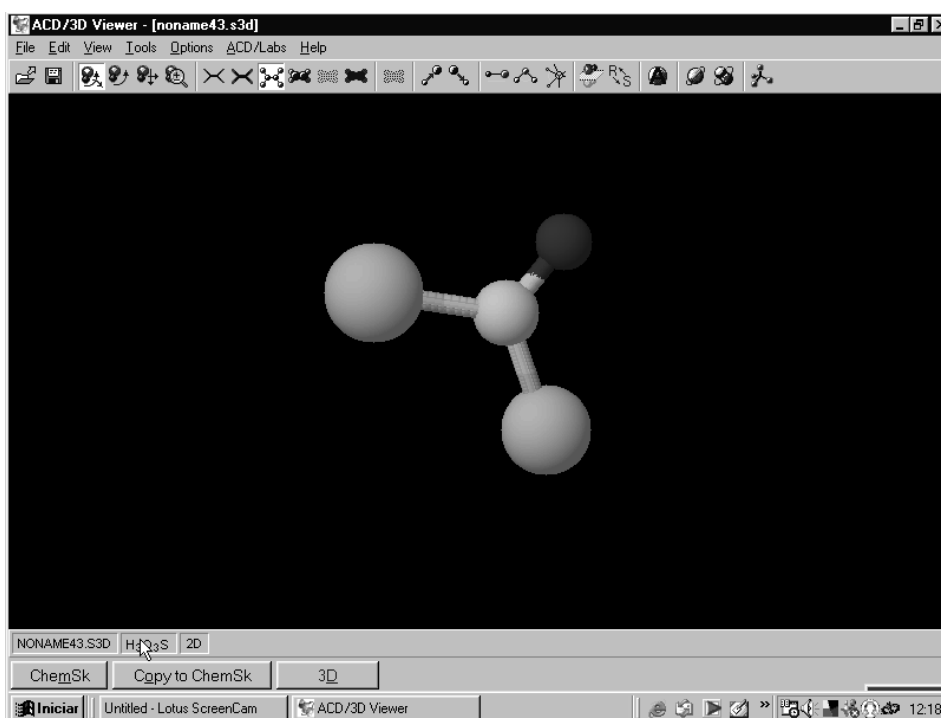


Figura 66 – Montagem de acordo com o modelo VSEPR para o COCl_2

As figuras mostram que a representação espacial dos compostos no *software* facilita a compreensão da geometria valendo-se da estrutura apresentada, demonstrando claramente o VSEPR.

ANALISANDO OS RESULTADOS ENCONTRADOS ENTRE OS GRUPOS D E A: QUADRO E GIZ

O grupo A fez a primeira atividade na sala de aula com quadro e giz e a segunda, no laboratório de tecnologia educacional. O grupo D fez o inverso: passou primeiramente pelo laboratório de tecnologia educacional e depois foi para a aula com quadro e giz.

Analisando os dados (tabela 12), pode-se inferir que o grupo D apresentou uma facilidade maior do que o grupo A para propor a fórmula dos compostos e analisar a geometria da estrutura. É possível explicar este fato, ao ser considerado que o *software* apresenta estruturas no espaço, o que certamente facilita quando se tem que trabalhar apenas no plano.

Tabela 12 – Resultados com a opção “foi fácil” entre os grupos D e A na atividade quadro e giz

	CS ₂	SF ₆	F ₂	CCl ₄	HCN	SO ₂	SO ₃	ClBr	PCl ₃	PCl ₅	COCl ₂
Grupo A	50%	50%	50%	67%	33%	83%	67%	67%	50%	17%	50%
Grupo D	86%	43%	100%	71%	86%	71%	86%	86%	57%	43%	57%

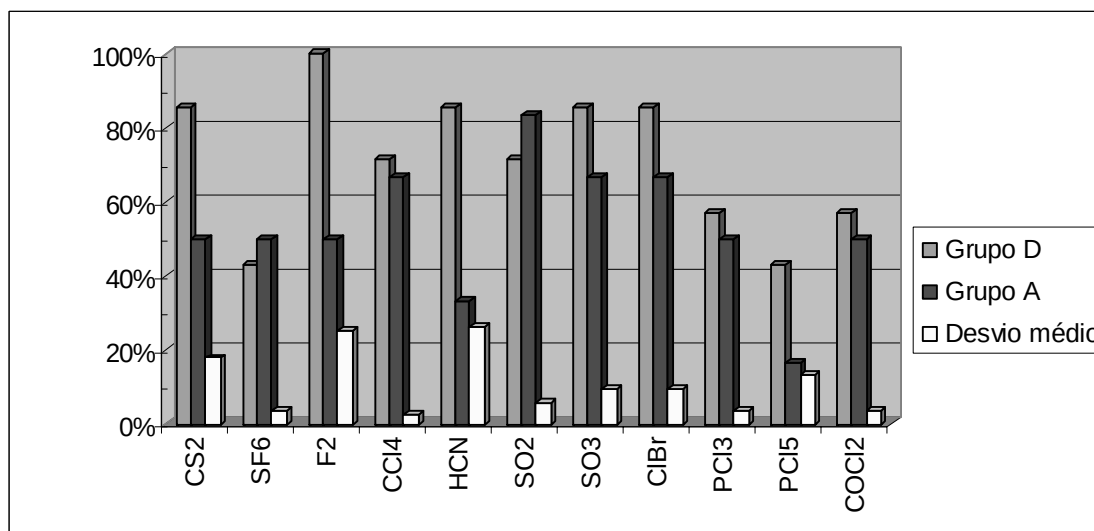


Gráfico 21– Opção “foi fácil” nos grupos D e A na pesquisa quadro e giz

- A molécula de CS₂ apresenta geometria linear, com uma angulação de 180°. Nesse caso, o grupo D encontrou maior facilidade do que o grupo A (gráfico 22),

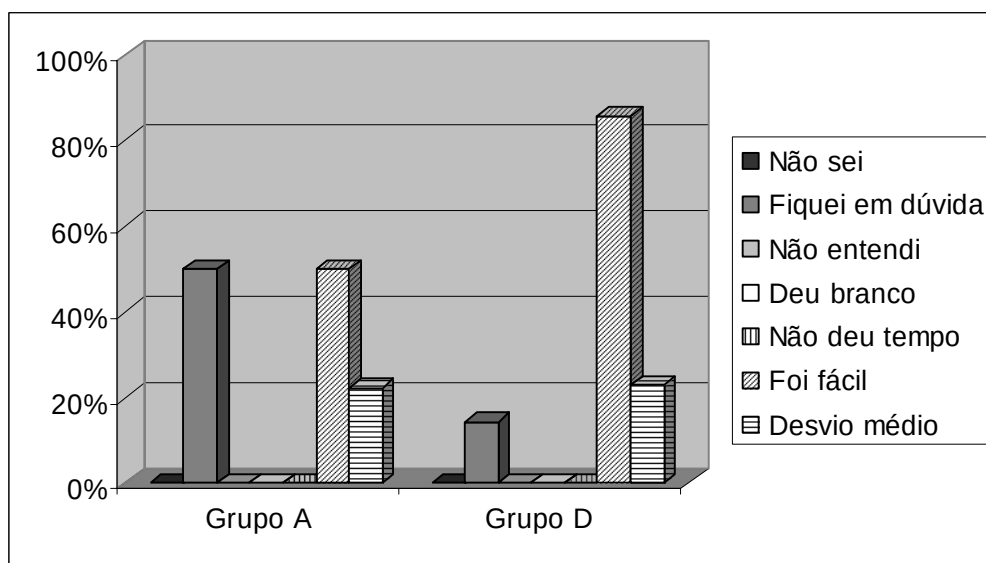


Gráfico 22 – Auto-avaliação do composto CS_2 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No composto SF_6 , uma molécula octaédrica, com alto grau de dificuldade, o grupo D encontrou menos facilidade para construir e analisar a geometria da fórmula do que o grupo A.

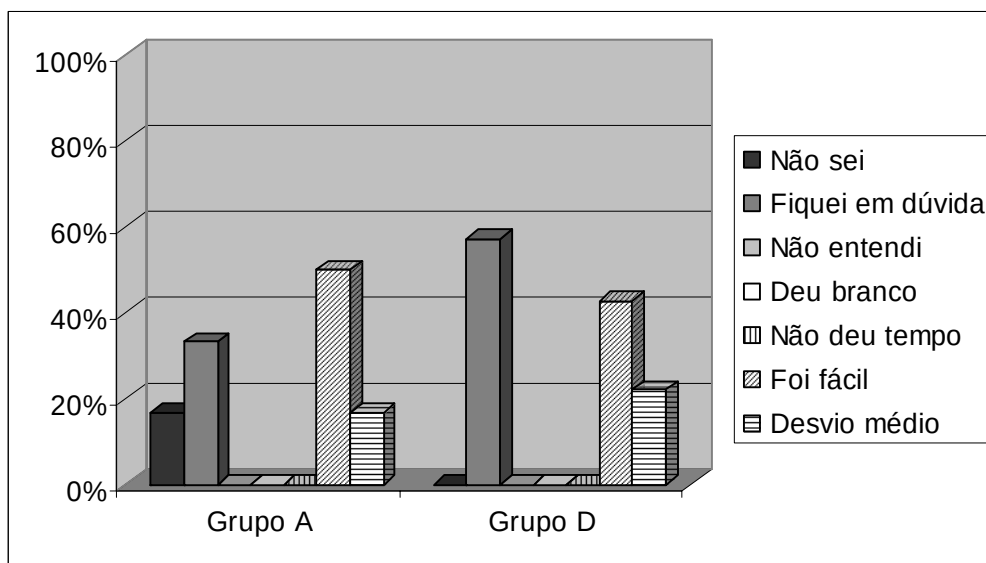
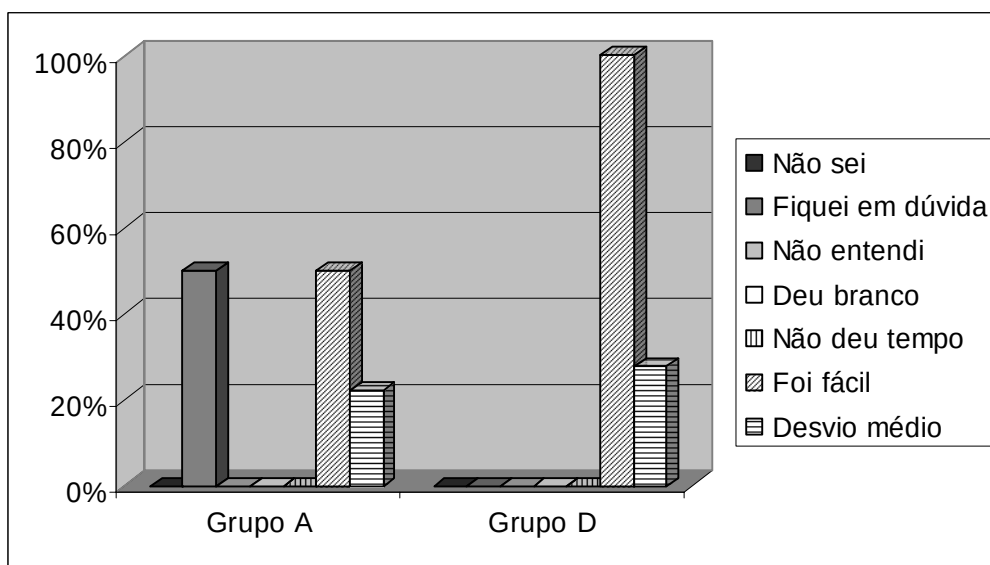
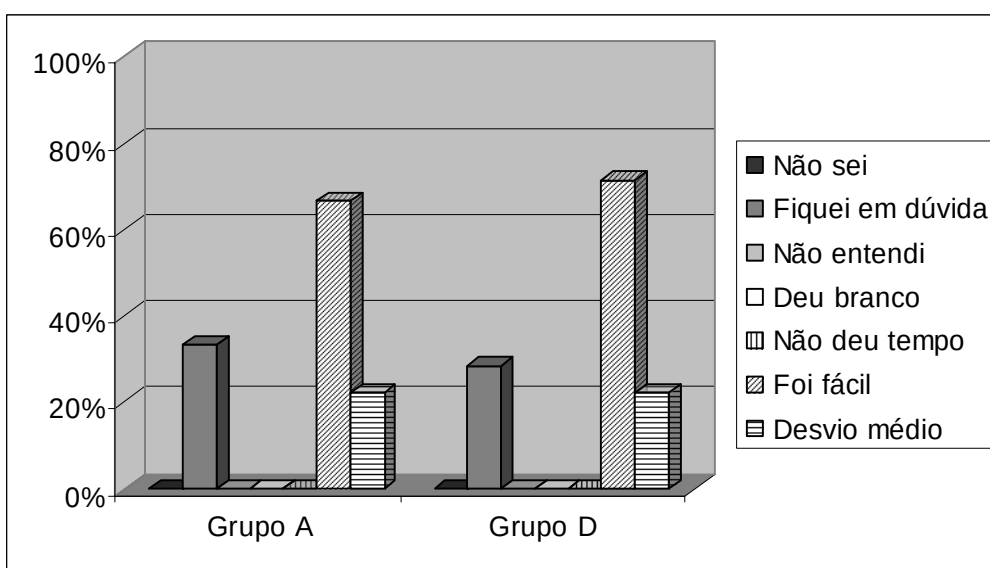


Gráfico 23 – Auto-avaliação do SF_6 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No composto F_2 - que é uma molécula linear -, com uma pequena dificuldade na montagem do composto, novamente o grupo D apresenta um percentual maior de facilidades do que o grupo A

Gráfico 24 – Auto-avaliação do F_2 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No tetracloreto de carbono (CCl_4), molécula tetraédrica, o grupo D apresenta maior facilidade em montar a estrutura do que o grupo A.

Gráfico 25 – Auto-avaliação do CCl_4 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No cianeto de hidrogênio (HCN), molécula linear, o grupo D apresenta maior facilidade do que o grupo A.

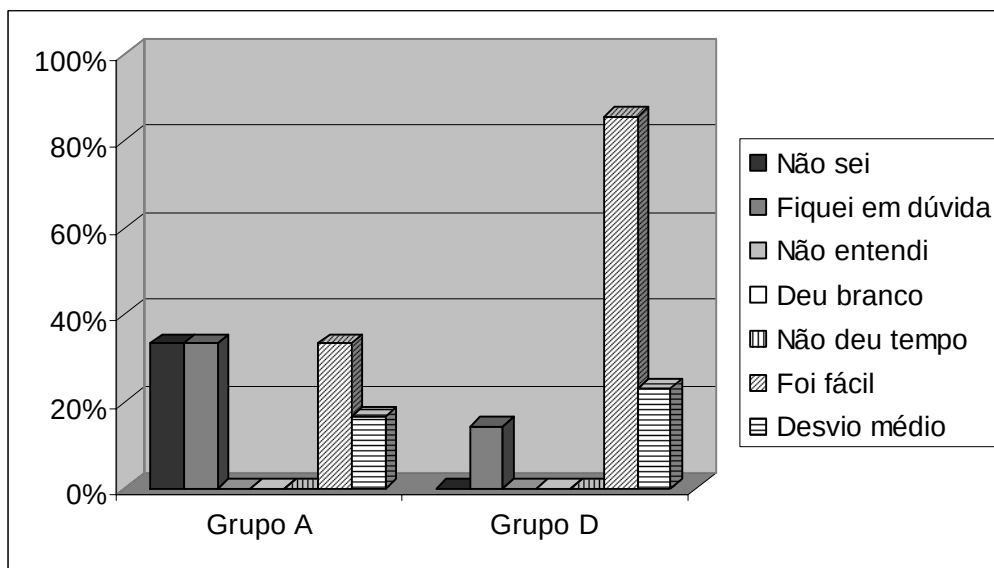


Gráfico 26 – Auto-avaliação do HCN pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No dióxido de enxofre (SO_2), que é uma molécula angular, há uma inversão de resultados, com o grupo A, tendo um percentual maior da opção “foi fácil” do que o grupo D: este apresenta um percentual maior da opção “fiquei em dúvida”.

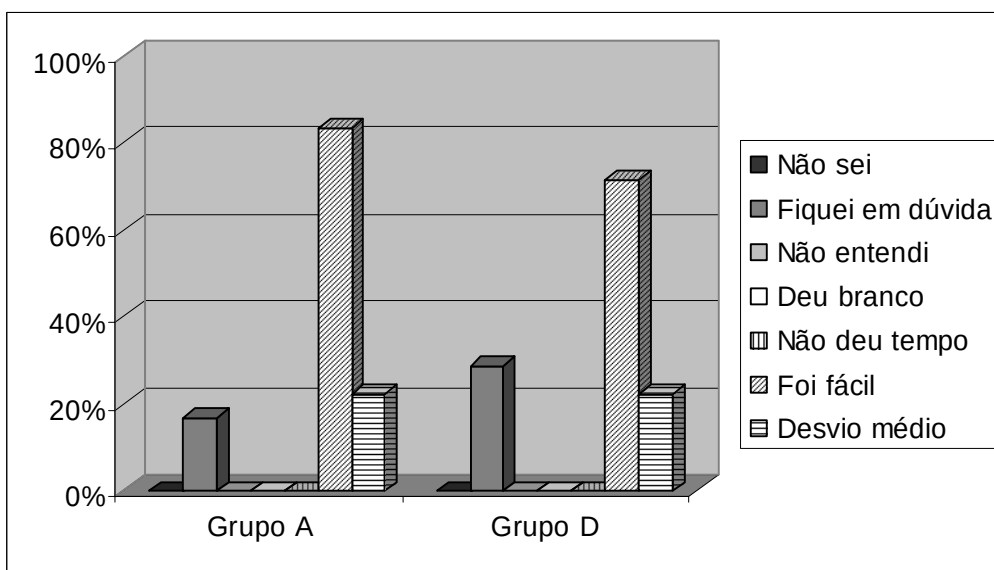


Gráfico 27 – Auto-avaliação do SO_2 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No trióxido de enxofre (SO_3), molécula trigonal, há a mesma tendência dos resultados anteriores, ou seja, o grupo D apresenta maior facilidade para construir as estruturas do que o grupo A.

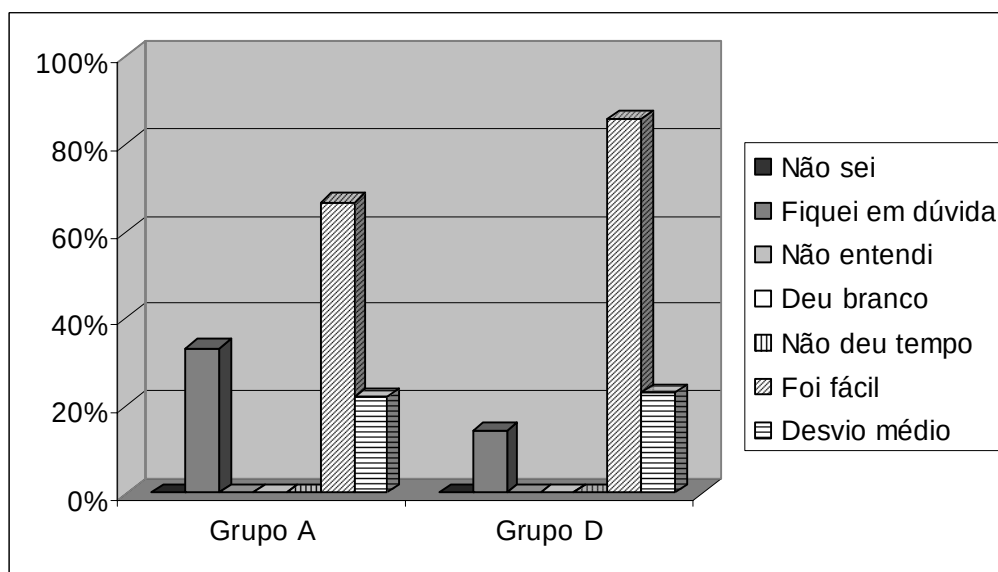


Gráfico 28 – Auto-avaliação do SO_3 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- Na molécula linear de ClBr , o grupo D apresenta maior percentual de facilidade em relação ao grupo A.

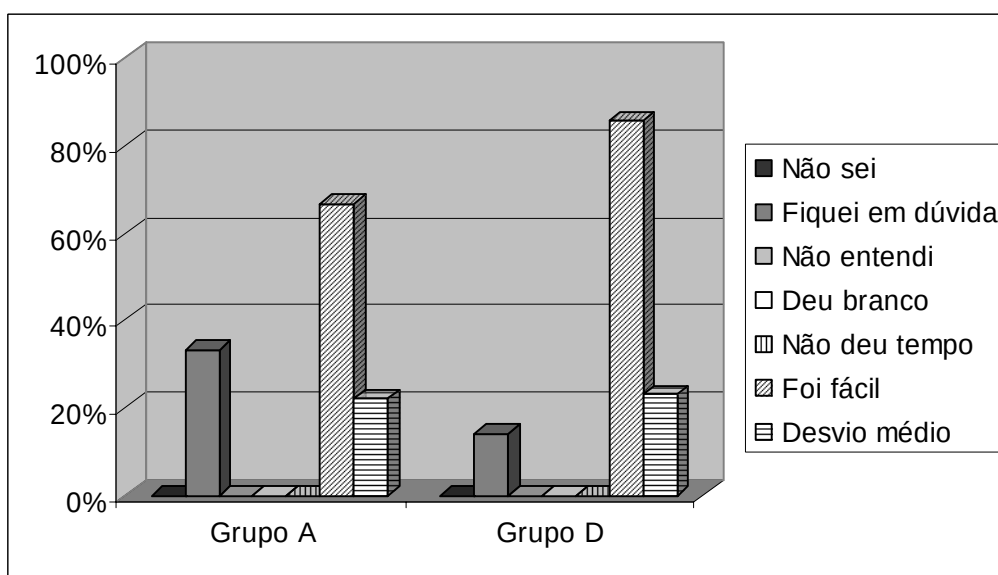


Gráfico 29 – Auto-avaliação do ClBr pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No PCl_3 , uma molécula com grau de dificuldade médio, os resultados encontrados pelos dois grupos foram muito próximos.

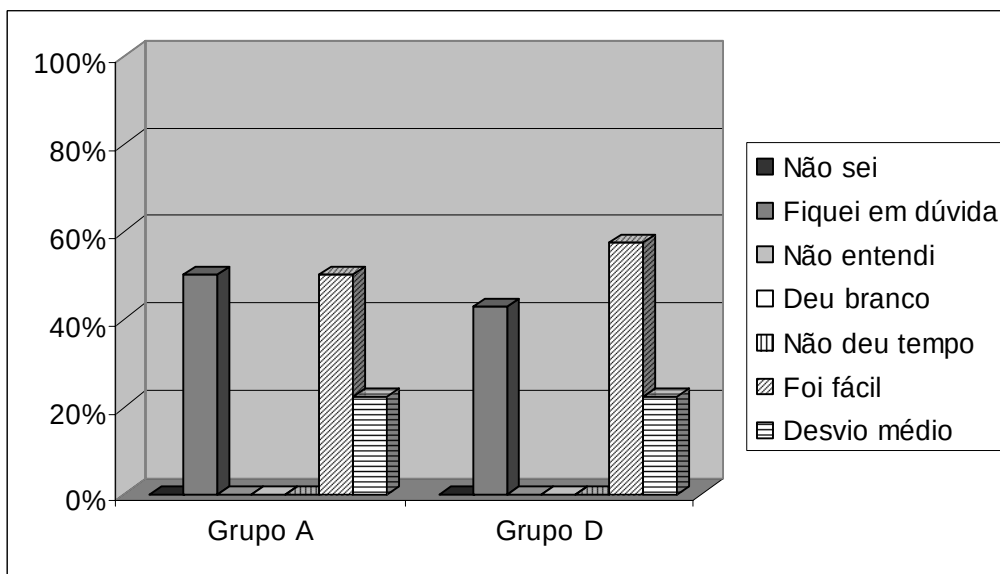


Gráfico 30 – Auto-avaliação do PCl_3 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- No PCl_5 , derivação do PCl_3 , o percentual diminuiu, mas a tendência do grupo D continua sendo maior. É uma molécula de construção complexa que dificulta muito a sua visualização.

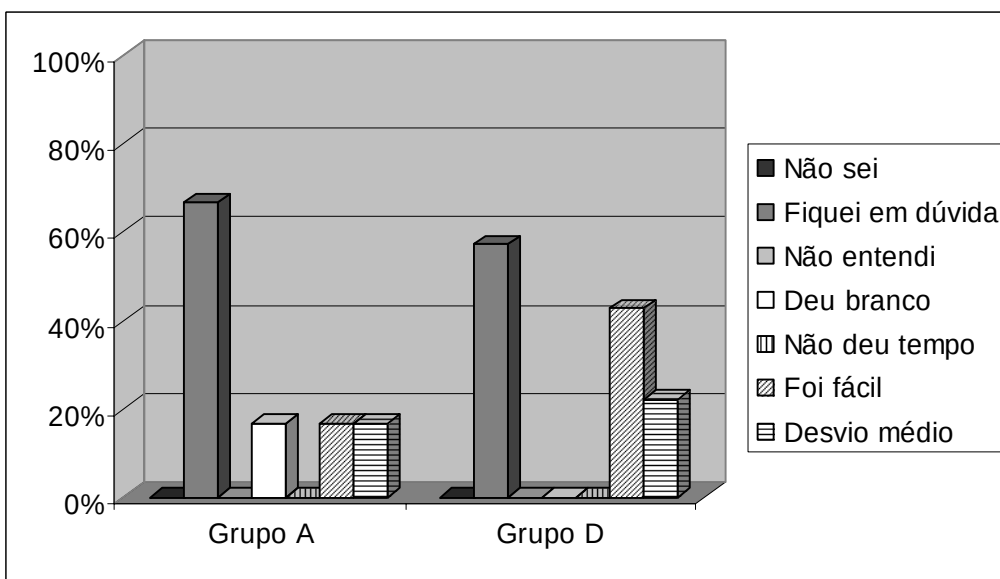
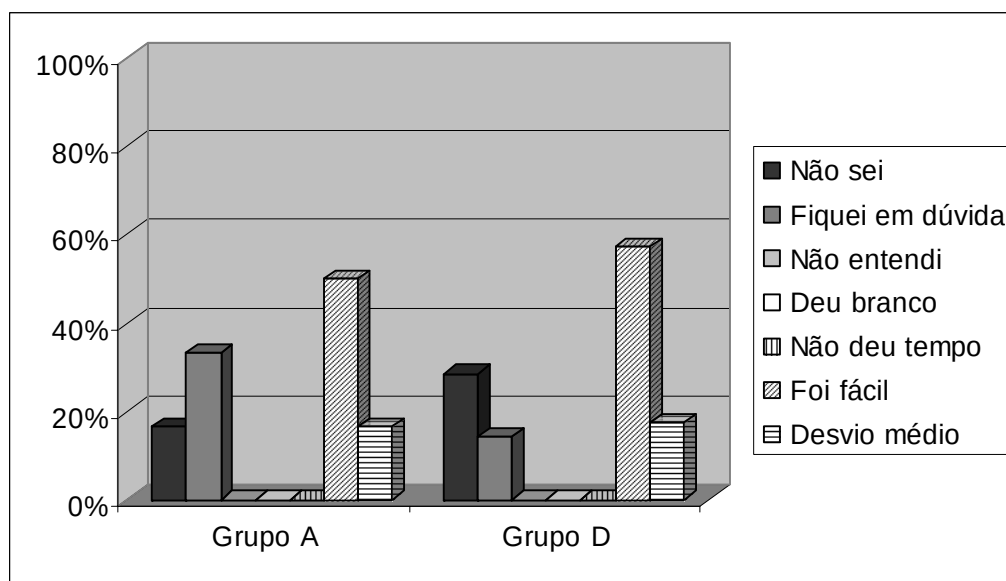
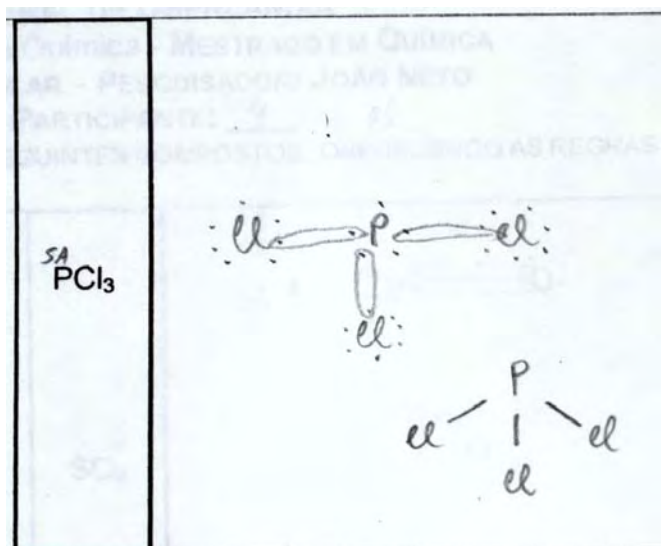


Gráfico 31 – Auto-avaliação do PCl_5 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

- Na molécula trigonal COCl_2 , a tendência de resultados permanece caracterizando uma facilidade maior do grupo D, em relação ao grupo A, nessa atividade.

Gráfico 32 – Auto-avaliação do COCl_2 pelos alunos na tecnologia quadro e giz

Analisando as atividades, pode-se inferir que os alunos apresentam modelos geométricos muitas vezes equivocados. Na proposição geométrica para o composto PCl_3 , na atividade em que o professor utilizou quadro e giz, o aluno apresentou a fórmula de Lewis diferente da fórmula estrutural. Na fórmula de Lewis sobrou um par de elétrons, e esse par é importante para definir o tipo de geometria. Ele constrói a fórmula estrutural com a angulação que aquele par de elétrons havia provocado segundo o modelo VSEPR.

Figura 67 – PCl_3 segundo o aluno 7 (grupo D) na tecnologia quadro e giz

- No composto COCl_2 , ocorre a mesma resolução. A fórmula eletrônica apresenta uma geometria diferente da fórmula estrutural, pois quando

define a fórmula eletrônica, ele observa o que ocorre no elemento central e depois define a geometria.

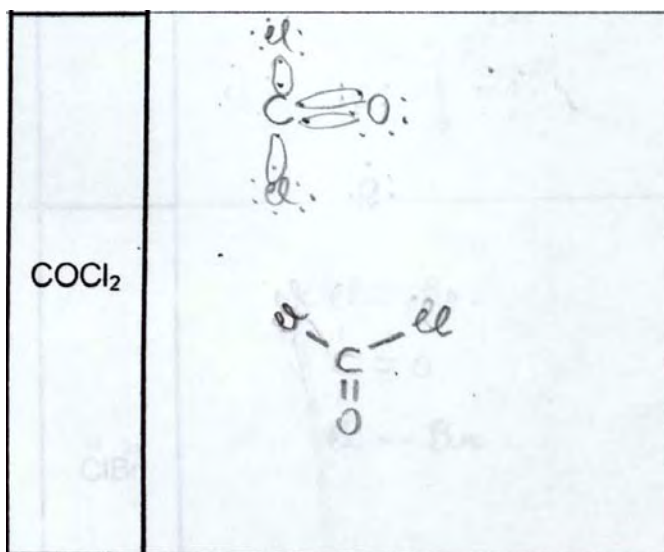


Figura 68 – COCl_2 segundo o aluno 7 (grupo D) na tecnologia quadro e giz

- É possível perceber que alguns alunos desconhecem a regra do octeto, ao construir a estrutura do CS_2 com o carbono, realizando seis ligações covalentes simples e mais, com o aparecimento de uma ligação quádrupla e com elementos iguais (enxofre), realizando quantidade de ligações diferentes.

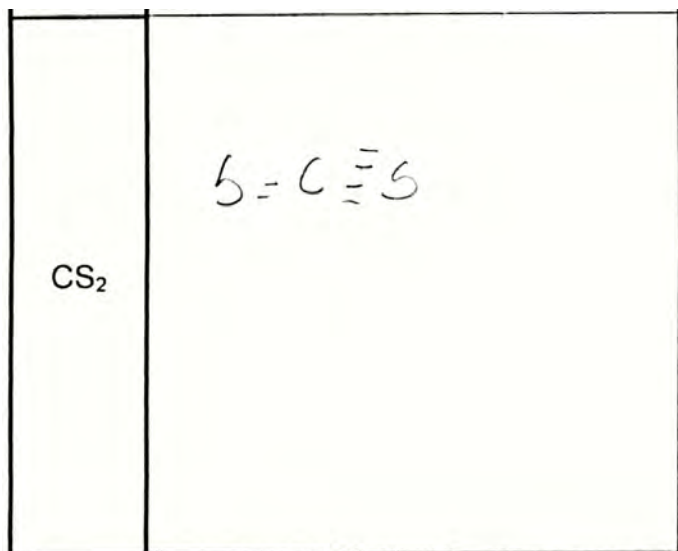


Figura 69 – CS_2 segundo o aluno 4 (grupo D) na tecnologia quadro e giz

A análise dos resultados encontrados entre os grupos D e A na proposição de modelos construídos no quadro negro com giz sugerem que o conteúdo ligações covalentes precisa ser retomado e melhor explicado no grupo.

ANALISANDO OS RESULTADOS ENCONTRADOS ENTRE OS GRUPOS B E C: BOLAS DE ISOPOR

Os grupos B e C executaram a mesma atividade. A diferença foi a ordem. O grupo B trabalhou inicialmente no laboratório de Química com as bolas de isopor e fez a segunda atividade no laboratório de tecnologia educacional. O grupo C fez o caminho inverso: trabalhou no laboratório de tecnologia com o *software ChemSketch*[®] e depois foi montar as estruturas com bolas de isopor.

Foi possível observar que o grupo B realizou a primeira atividade demandando maior período de tempo do que o grupo C, ao mesmo tempo que revela que não teve dificuldades em utilizar as bolas de isopor para representar os compostos.

Tabela 13 – Resultados encontrados entre os grupos B e C – Tecnologia: bola de isopor e vareta

	CS ₂		SF ₆		F ₂	
	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C
Não sei	0,0%	14,3%	12,5%	14,3%	0,0%	0,0%
Fiquei em dúvida	12,5%	28,6%	25,0%	57,1%	0,0%	0,0%
Não entendi	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Deu branco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%
Não deu tempo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Foi fácil	87,5%	57,1%	62,5%	28,6%	100,0%	85,7%

	CCl ₄		HCN		SO ₂	
	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C
Não sei	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%
Fiquei em dúvida	12,5%	42,9%	50,0%	14,3%	50,0%	28,6%
Não entendi	0,0%	42,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Deu branco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Não deu tempo	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%	0,0%
Foi fácil	87,5%	14,3%	37,5%	85,7%	37,5%	57,1%

	SO₃		ClBr		PCl₃	
	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C
Não sei	0,0%	0,0%	0,0%	28,6%	0,0%	14,3%
Fiquei em dúvida	25,0%	28,6%	0,0%	14,3%	25,0%	28,6%
Não entendi	12,5%	14,3%	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%
Deu branco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Não deu tempo	12,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Foi fácil	50,0%	57,1%	100,0%	57,1%	62,5%	57,1%

	PCl₅		COCl₂	
	Grupo B	Grupo C	Grupo B	Grupo C
Não sei	0,0%	28,6%	12,5%	14,3%
Fiquei em dúvida	25,0%	71,4%	12,5%	28,6%
Não entendi	12,5%	0,0%	25,0%	0,0%
Deu branco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Não deu tempo	37,5%	0,0%	25,0%	0,0%
Foi fácil	25,0%	0,0%	25,0%	57,1%

Observando a tabela e o gráfico 33, constata-se que o grupo B considerou “fácil” a montagem das estruturas do CS₂, SF₆, F₂, CCl₄, ClBr, PCl₃, PCl₅.

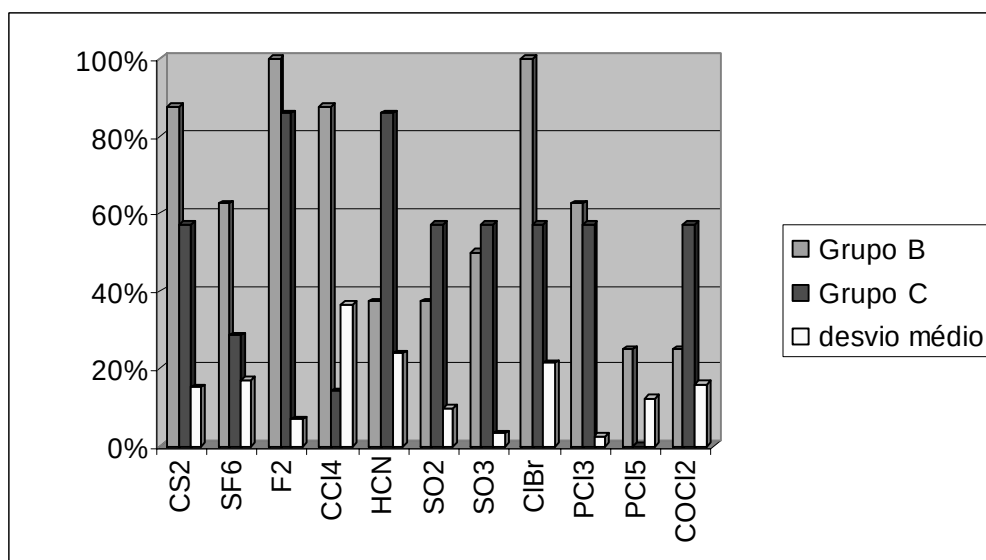


Gráfico 33 – Opção “foi fácil” nos grupos B e C na pesquisa com bola de isopor

A observação e análise das estruturas criadas por meio de modelos sugere que possa haver:

- Mesmo trabalhando no espaço, o aluno projeta a estrutura do PCl₅ imaginando um plano (figuras 70 e 71). Isso decorre da falta de

habilidade para visualização de imagens. Essa situação pode ser observada no grupo B e C.



Figura 70 – Estrutura do PCl_5 construída pelo participante 4 (grupo C) com bola de Isopor

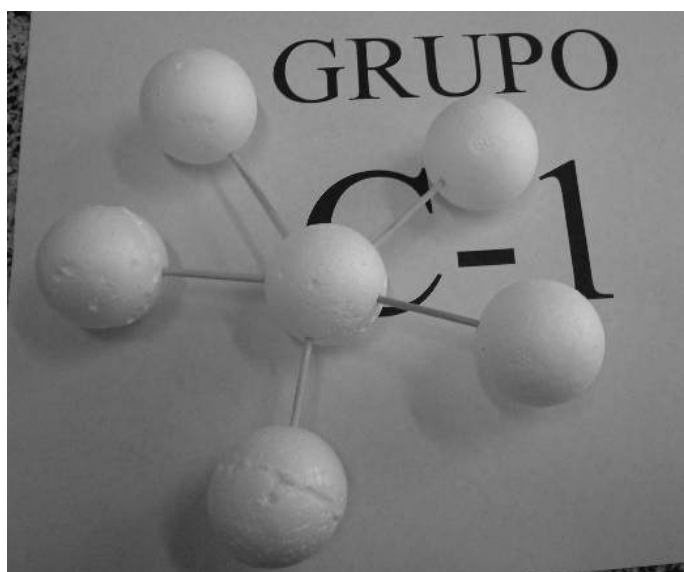


Figura 71 – Estrutura do PCl_5 construída pelo participante 1 (grupo C) com bola de Isopor.

- A mesma dificuldade de trabalhar no espaço acontece no composto CCl_4 , que é uma molécula tetraédrica (figuras 72 e 73). Na introdução do modelo VSEPR, um dos exemplos mostrados era do CH_4 , uma molécula com geometria análoga. Os dois grupos apresentaram dificuldades para associar a representação.

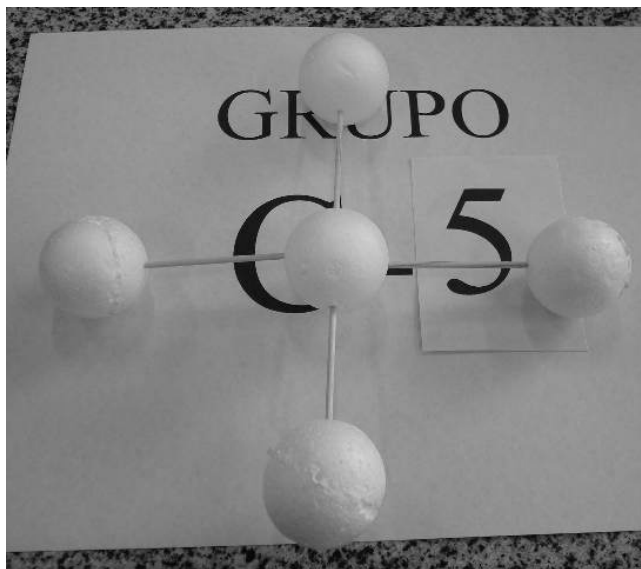


Figura 72 – Estrutura do CCl_4 construída pelo participante 5 (grupo C) com bola de isopor.



Figura 73 – Estrutura do CCl_4 construída pelo participante 6 (grupo B) com bola de isopor.

Alguns dos alunos do grupo B que montaram a estrutura do COCl_2 com bolas de isopor (figura 74). Depois no *software* representaram adequadamente compostos semelhantes. Tal situação sugere que a utilização depois do *software* pode auxiliar a aprendizagem, se for explorado em uma proposta de ensino mais ampliada.

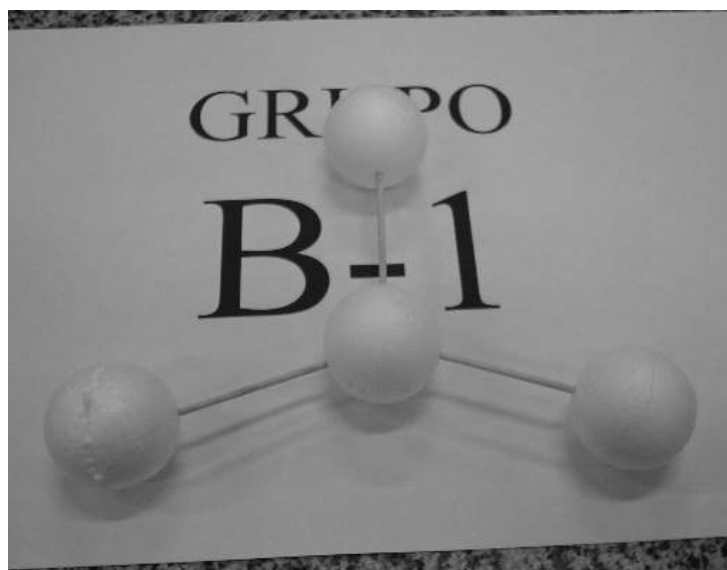


Figura 74 – Estrutura do PCl_3 construída por um aluno (grupo B) com bola de Isopor .

Os resultados encontrados entre os grupos B e C na construção geométrica com bolas de isopor sugerem que o trabalho com material concreto facilita a utilização do software em função de uma maior visão espacial dos compostos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se propôs a investigar a utilização de diferentes tecnologias no ensino de Geometria Molecular e, fundamentalmente, identificar se o *software ChemSketch*[®] potencia ou desfavorece a elaboração de modelos mais adequados de estruturas químicas.

O interesse pela investigação traduziu-se nos seguintes questionamentos: Quais as tecnologias que podem ser exploradas em uma aula de Geometria Molecular? Como favorecer uma aprendizagem mais significativa e efetiva para os alunos? Quais as possibilidades das aprendizagens se efetivaram na integração das diferentes tecnologias? Será que a utilização do *software ChemSketch*[®], como tecnologia de apoio ao ensino, ajudará os alunos a compreenderem melhor o tópico do conteúdo que trata sobre Geometria Molecular? Quais são as possibilidades na utilização dessa tecnologia? Em que esta se difere das outras?

Os resultados apresentados e discutidos permitem reforçar a idéia de que as aprendizagens que envolvem o estudo do tópico do conteúdo que trata sobre Geometria Molecular são particularmente complexas, pois os alunos têm dificuldades na previsão da geometria das moléculas.(BIRK; KURTZ; 1999; FURIO; 1996; LOBO; 1998). Nesse sentido, é fundamental criar dispositivos para reproduzir as principais geometrias e, assim, facilitar as aprendizagens dos alunos superando suas dificuldades. Tais dispositivos podem recorrer ao uso de modelos e/ou protótipos como tentativa de uma aproximação modelada visto que os sentidos são limitados não permitindo visualizar diretamente o objeto e/ou fenômeno em estudo. Assim, em uma construção mais elaborada pode-se dispor de uma variedade de materiais didáticos, desde livros de texto até a tecnologia pedagógica de última geração, com abundantes imagens e representações diversas - desenhos e diagramas, fotografias de grande realismo até gráficos e fórmulas muito abstratas -. (GUEVARA; VALDEZ, 2004).

Tradicionalmente, nas abordagens didático-pedagógicas prevalece a utilização de desenhos no quadro de giz, livros didáticos, cartazes, bolas de isopor e varetas, bexigas de ar, massas de modelar e modelos comerciais. Raramente os professores de Química lançam mão dos *softwares*. Nesse sentido, entende-se que cada uma das tecnologias utilizadas nas situações de ensino oferece alguma

potencialidade específica, e estas particularidades são as que precisam ser ressaltadas. Não se trata, então, de saber qual é a melhor e o que pode ser feito com cada uma delas, mas em que podem ser mais úteis (ZABALA, 1998).

A utilização do *software ChemSketch*[®] indicia que os alunos não obtiveram grandes avanços na proposição de modelos. Tal resultado pode reduzir o entusiasmo de quem acredita que o *software* oferece a possibilidade de fazer os alunos a entender a representação geométrica das moléculas. Nesse sentido, é necessário refletir sobre como usar essa tecnologia. É claro que esse ponto não significa que a utilização do *software* seja o problema, todavia, há uma série de intervenientes que podem ter influenciado nas aprendizagens dos alunos. Um dos intervenientes decorre da interação do aluno com o *software*. Outro interveniente é a própria concepção do professor que esquece ser o *software* apenas uma ferramenta que “*per si*” não promove a aprendizagem, sendo fundamental a sua presença atuando de forma ativa e criativa nesse processo, apresentando modelos, facilitando interações, fazendo mediações, propondo explicações, (re)direcionando o foco e oferecendo opções a seus alunos.

Todavia, a utilização do *software* de modo integrado favoreceu uma maior compreensão dos alunos na proposição de formas representacionais das moléculas.

Desse modo, não obstante aos múltiplos desdobramentos e análises que poderiam ser feitas das situações de ensino vividas, os resultados apontam que a utilização integrada de diferentes tecnologias possibilita apresentar várias formas de mostrar o mesmo objeto, representando-o sob ângulos e meios diferentes: pelos movimentos, mudanças de cenários, integração de formas mais tradicionais de ensino com tecnologias mais avançadas. Nesse sentido, a integração das diferentes tecnologias possibilitou aos alunos o contato com outras linguagens e códigos, motivando-os nas aprendizagens, pois, embora o conteúdo explorado nas situações de ensino fosse o mesmo, este adquiriu uma outra dimensão, visto que permitiu diferentes percursos de aprendizagem.

Sem ter a pretensão de dizer a última palavra em relação ao tema aqui tratado pode-se mostrar que o trabalho abre outras perspectivas, talvez, como ponto de partida, para futuras pesquisas que, utilizando os resultados aqui discutidos, possam apontar um campo bastante amplo, para o tratamento investigativo sobre os processos de ensino-aprendizagem mediados pelo computador e sobre a integração de diferentes tecnologias.

REFERÊNCIAS

ANJOS, E. I.; GIORDAN, M. Visualização molecular como estratégia para ensinar química orgânica. In: XI Encontro Nacional de Ensino de Química, 2002, Recife. **Livro de resumos**, 2002. v. 1. p. 167 - 167.

ANJOS, E. I. **Modelos mentais e visualização molecular**: uma estratégia para ensinar química orgânica. 2004. 120f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2004.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Ricardo Bicca de Alencastro. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 968p.

BARNEA, N.; DORI, Y. J. High school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 8, n. 4, p. 257 - 271, 1999.

_____. Computerized molecular modeling the new technology for enhancing model perception among chemistry educators and learners. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 109 - 120, 2000.

http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie/pdf/16barneaf.pdf. Acesso em: 20 set 2006.

BIRK, J. P.; KURTZ, M. J. Effect of Experience on Retention and Elimination of Misconceptions about Molecular Structure and Bonding. **Journal of Chemical Education**, New York, n. 76, p. 124 -128, 1999

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994. 336p.

BONILLA, M. H. S. **Escola Aprendente**: para além da sociedade da informação. Rio de Janeiro: Quartet, 2005. 224p.

BROOK, D. W. Science education notes: The teaching of organic chemistry in school - Can we learn from the Kenyan experience. **School Science Review**, London, v. 69, n. 248, p. 575 - 578, 1988.

CHANG, C.-Y. Comparing the Impacts of a Problem-based Computer-Assisted Instruction and the Direct-Interactive Teaching Method on Student Science Achievement. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v.10, n.2, p.147 - 153, 2001.

COPOLO, C. F.; HOUNSHELL, P. B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 4, n. 4, p. 295 - 305, 1995.

DORI, Y. J. Cooperative development of organic chemistry computer assisted instruction by experts, teachers and students. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 4, n. 2, p. 163 - 170, 1995.

DORI, Y. J.; HAMEIRI, M. The "Mole Environment" study ware: Applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. **International Journal of Science Education**, London, v. 20, n. 3, p. 317 - 333, 1998.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. **Ambientes virtuais de aprendizagem**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006. 175p.

FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules. Beyond misconceptions. **Journal of Chemical Education**, New York, v. 73, p. 36 - 41, 1996.

GABEL, D.; BUNCE, D. M. Research on problem solving: Chemistry. In: GABEL, D. L. (Ed.). **Handbook of research on science teaching and learning**. New York: MacMillan, 1994. p. 301 - 326.

GASTEIGER, J.; ENGEL, T. **Chemoinformatics**: a Textbook. Germany: Wiley-VCH, 2003. 680p.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C; RUTHERFORD, M. Explanations with Models in Science Education. In: GILBERT, J. K; BOULTER, C. **Developing Models in Science Education**. First Edition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 193 - 208, 2000.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. Stretching models too far. In: **Annual meeting of the American Educational Research Association**, San Francisco, 22 - 26, Apr. 1995.

GILLESPIE, R. J., ROBINSON, E. A. Electron Domains and the VSEPR Model of Molecular Geometry. **Angewandte Chemie International Edition in English**, Washington, n. 33, p. 495 - 514, 1996.

GILLESPIE, R. J. Teaching Molecular Geometry with the VSEPR Model. **Journal of Chemical Education**, New York, v. 81, p. 298 - 304, 2004.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 279 - 304, 2005.

GUEVARA, M.; VALDEZ, R. Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. **Educación Química**, v. 15, n.3, p.243-247, 2004.

HARDWICKE, A. J. Using molecular models to teach chemistry. **School Science Review**, London, v. 77, n. 278, p. 59 - 64, 1995.

INGHAM, A. M.; GILBERT, J. K. The Use of Analogue Models by Students of Chemistry at Higher Education Level. **International Journal of Science Education**, London, v. 13, n. 2, p. 193 - 202, 1991.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, London, n. 7, p. 75 - 83, 1991.

JOHNSTONE, A. H.; LETTON, K. M. Investigating undergraduate lab work. **Education in Chemistry**, London, n. 28, p. 81 - 83, 1990.

KIBOSS, J. K. Impact of a computer-based physics instruction program on pupils' understanding of measurement concepts and methods associated with school science. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 11, n. 2, p. 193 - 198, 2002.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J.; JONES, T.; MARX, N.; DAVIS, J. The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In: VOSNIADOU, R. G. S.; DECORTE, E.; MANDEL, H. (Ed.). **International perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments**. Hillsdale: Erlbaum, 1996. p. 41-60

KRAJCIK, J. S. Developing students' understanding of chemical concepts. In: GLYNN, S. M.; YEANY, R. H.; BRITTON, B. K. (Eds.). **The psychology of learning science**. Hillsdale: Erlbaum, 1991. p. 117 - 145.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999. 340p.

LEVINE, F. S. Concepts and models. **Education in Chemistry**, London, v. 11, n. 3, p. 84 - 85, 1974.

LOBO, V. M. M. A utilidade dos diagramas de Lewis no ensino da Química. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, Lisboa, n. 70, p. 13 - 17, 1998

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisas em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. 99p.

MILAGRES, V. S. O. ; JUSTI, R. S. Modelos de ensino de equilíbrio químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 13, p. 41 - 46, 2001.

NERSESSIAN, N. J. Should physicists preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics. **Science and Education**, v. 4, n. 3, p. 203 - 226, 1995.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Trad. Márcia Guekezian, 3ª ed., São Paulo: Pearson Makron Books. 2006. 621p.

RYLES, A. P. Teaching A-level organic chemistry mechanisms: Some suggestions. **School Science Review**, London, v. 72, n. 258, p. 71 - 74, 1990.

SANT'ANNA, C. M. R. Glossário de termos usados no planejamento de fármacos (recomendações da IUPAC para 1997). **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 3, 2002.

SANTOS, H. F. O conceito de modelagem molecular. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 4 - 5, mai, 2001.

SCHMIDT, H. J. Conceptual difficulties with isomerism. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 29, n. 9, p. 995 - 1003, 1992.

SEBALDT, R. T. Information technology and the future of medical education. **Clin Invest Med**, Toronto, v. 20, n. 6, p. 419 – 421, 1997.

SEDDON, G. M.; SHUBBER, K. E. The effects of color in teaching the visualization of rotation in diagrams of three dimensional structures. **British Educational Research Journal**, Oxford, n. 11, p. 227 - 239, 1985.

SEDDON, G. M.; MOORE, R. G. An unexpected effect in the use of models for teaching the visualization of rotation in molecular structures. **European Journal of Science Education**, London, v. 8, p. 79 - 86, 1986.

SHANI, A.; SINGERMAN, A. A self-study, one paced basic organic chemistry course. **Journal of Chemical Education**, New York, v. 59, p. 223 - 224, 1982.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. Trad. Maria Aparecida Gomes, 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003. 820p.

SILVA, R. M. G. . Formação docente: outra lógica frente aos desafios da informatização. In: FONSECA, S. G.; BARAÚNA, S. M.; MIRANDA, A. B. (Org.). **O uno e o diverso na educação escolar**. Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 28 - 42.

SIMPSON, P. A new organic mythology. **Education in Chemistry**, London, v. 20, n. 5, p. 166, 1983.

TABER, K. S. Student Understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? **School Science Review**, London, n. 78, p. 85 - 95, 1997.

TIBERGHIE, A. Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. **Learning and Instruction**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 71 - 87, 1994.

TUCKEY, H., SELVARATNAM, M., BRADLEY, J., Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation and reflection. **Journal of Chemical Education**, New York, v. 68, n. 6, p. 460 - 464, 1991.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

WHITTEN K. W.; DAVIS R. E.; PECK L.; STANLEY G. G. **General Chemistry**, 7th ed., EUA: Brooks Cole, 2003. 1224p.

WU, H., KRAJCIK, J. S., SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 38, n. 7, p. 821 - 842, 2001.