



## **GEOMETRIA E POLARIDADE: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA PARA CURSOS DE ENGENHARIA UTILIZANDO MODELOS MOLECULARES**

**Juliana Ribeiro Cordeiro** – juliana.rc@maua.br

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT  
Praça Mauá, 1  
09580-900 – São Caetano do Sul – SP

**Lílian de Cássia Santos Victorino** – lilian.cassia@maua.br

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT  
Praça Mauá, 1  
09580-900 – São Caetano do Sul – SP

**Luis Geraldo Cardoso dos Santos** – lgcsanto@maua.br

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT  
Praça Mauá, 1  
09580-900 – São Caetano do Sul – SP

**Fernando Perna** – fperna@maua.br

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT  
Praça Mauá, 1  
09580-900 – São Caetano do Sul – SP

**Resumo:** *o presente trabalho mostra uma ferramenta pedagógica voltada para o ensino de geometria molecular, polaridade e interações intermoleculares. Visando ao aprendizado desses conceitos, foi desenvolvida uma atividade em que equipes formadas por dois ou três estudantes dispõem de esferas de isopor para representar átomos e varetas para representar pares de elétrons. Cada equipe recebe um conjunto de cinco cartas contendo fórmulas de moléculas e íons como desafio. O objetivo da atividade consiste na construção tridimensional das espécies indicadas nas cartas e na previsão de suas polaridade e interação intermolecular predominante. A atividade foi aplicada entre cerca de 300 estudantes de primeira série de cursos de engenharia e avaliada por meio de nota atribuída pelo professor e de uma pesquisa realizada entre os participantes. Mais de 70% dos estudantes obtiveram nota igual ou superior a 7,0 de um total de 10,0 pontos possíveis. A pesquisa apontou que 93,5% dos estudantes consideraram que a abordagem de construção tridimensional das estruturas facilitou o entendimento do conteúdo e 83,5% dos entrevistados consideraram o seu grau de interesse e participação na atividade alto ou muito alto. Esses resultados sugerem que a atividade foi empregada com sucesso entre estudantes de engenharia como ferramenta de aprendizagem ativa.*

**Palavras-chave:** *modelos moleculares, estratégia pedagógica, aprendizagem ativa, Química para engenharia.*

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





## 1. INTRODUÇÃO

O termo *aprendizagem ativa* refere-se a qualquer processo por meio do qual o estudante deixa de ser espectador e passa a atuar como protagonista de seu próprio aprendizado (PEDERSEN & LIU, 2003). Nesse contexto, o ensino é centrado no estudante, que se apropria e se responsabiliza por seu processo de aprendizagem, assumindo, para tanto, um papel ativo, crítico e reflexivo em sala de aula (MICHAEL, 2006).

Diversas metodologias são comumente empregadas visando a criar um ambiente favorável à aprendizagem ativa (MICHAEL & MODELL, 2003). Sala de aula invertida (LAGE *et al.*, 2000), aprendizado híbrido (SHARMA, 2010), PBL [aprendizado baseado em problemas (HMELO-SILVER, 2004) ou projetos (PALINSCAR, 1991)], TBL (aprendizado em equipes) (PARMELEE *et al.*, 2010), aprendizados pelos pares (LASRY *et al.*, 2008) e estudo de caso (FLYVBJERG, 2006) são alguns exemplos de técnicas de aprendizagem ativa que vêm ganhando espaço no cenário educacional atual.

No que diz respeito aos desafios enfrentados por estudantes no nível conceitual e de habilidades, muitos alunos relatam dificuldades na resolução de problemas que envolvam o exercício da visão espacial, isto é, da percepção abstrata de formas tridimensionais diversas. Esse problema é particularmente importante em cursos de engenharia, em que é fundamental que os estudantes sejam capazes de perceber mentalmente sistemas em três dimensões uma vez que tal habilidade se faz necessária a diversas disciplinas, como Cálculo Diferencial e Integral, Física, Química e Geometria Analítica, entre outras.

Lima e Lima-Neto (1999) descrevem o uso de modelos moleculares como um método simples e eficiente que promove a visualização das ligações químicas existentes entre os átomos que compõem uma molécula e também possibilita desenvolver no estudante a percepção do arranjo espacial destas.

Em Química, por exemplo, a visão espacial permite prever a geometria de moléculas ou íons. Conhecendo a geometria da molécula, é possível determinar a sua polaridade e, por consequência, inferir diversas outras propriedades da espécie, como solubilidade em solventes variados, ponto de fusão, ponto de ebulição e viscosidade, entre outras. A partir desse contexto, fica claro que a percepção tridimensional é um recurso necessário para o entendimento de princípios básicos de Química.

Neste trabalho, foi desenvolvida e aplicada uma atividade visando a estimular a visão espacial de estudantes de primeira série de engenharia. A proposta foi conduzida junto à disciplina de Química Geral e o objetivo final da atividade consistia na previsão da geometria molecular, polaridade e interação intermolecular predominante de diversas moléculas e íons, orgânicos e inorgânicos.

## 2. RESULTADOS

### 2.1. Materiais e Metodologia

Foram disponibilizados aos alunos os seguintes materiais:

- palitos de madeira roliços (0,4 cm de diâmetro e 10 cm ou 25 cm de comprimento);
- esferas de isopor (5 cm e 10 cm de diâmetro);
- 3 caixas de papelão com tampa (30 × 20 × 10 cm), apresentando rótulos escrito “POLAR”, “APOLAR” e “ÍON”;

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



- fichas de papel sulfite com as espécies químicas ( $4 \times 7$  cm); foram utilizados ao todo 57 espécies químicas e 11 tipos de geometria molecular diferentes (Figura 1).

Cada equipe de alunos recebeu, de forma aleatória, 5 fichas diferentes. Não havia, entre elas, repetição do tipo de geometria molecular.

Em uma primeira etapa, o grupo montou a estrutura de Lewis em seu caderno para cada uma das espécies químicas recebidas. Após analisar estrutura de Lewis e avaliar o número de pares de elétrons ligantes e não ligantes ao redor do átomo central, a equipe chegou à conclusão sobre qual seria a melhor geometria molecular capaz de minimizar a repulsão entre os pares de elétrons, utilizando a teoria RPENV (repulsão entre os pares de elétrons do nível de valência) vista previamente em sala de aula.

Figura 1 – Espécies químicas agrupadas de acordo com o tipo de geometria molecular.

<p><b>Angular</b></p> <p>GeF<sub>2</sub>                      HNO                      CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>                      BrO<sub>2</sub><sup>-</sup>                      SCl<sub>2</sub>                      ClF<sub>2</sub><sup>+</sup>                      ICl<sub>2</sub><sup>+</sup></p> <p><b>Bipirâmide Trigonal</b></p> <p>PF<sub>5</sub>                      PBr<sub>5</sub>                      AsF<sub>5</sub>                      SbF<sub>5</sub></p> <p><b>Gangorra</b></p> <p>SeF<sub>4</sub>                      TeCl<sub>4</sub>                      IBr<sub>4</sub>                      ClF<sub>4</sub><sup>+</sup>                      PCl<sub>4</sub><sup>-</sup></p> <p><b>Linear</b></p> <p>CO<sub>2</sub>                      XeF<sub>2</sub>                      ICl<sub>2</sub><sup>-</sup>                      IClBr<sup>-</sup>                      I<sub>3</sub><sup>-</sup></p> <p><b>Octaédrica</b></p> <p>SeF<sub>6</sub>                      SeCl<sub>6</sub>                      SeCl<sub>2</sub>F<sub>4</sub>                      SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>                      BrF<sub>6</sub><sup>+</sup></p> <p><b>Pirâmide Tetragonal</b></p> <p>ClF<sub>5</sub>                      BrF<sub>5</sub>                      ICl<sub>5</sub>                      SeCl<sub>5</sub><sup>-</sup>                      XeOF<sub>4</sub></p>	<p><b>Pirâmide Trigonal</b></p> <p>NF<sub>3</sub>                      PF<sub>3</sub>                      AsH<sub>3</sub>                      AsCl<sub>3</sub>                      ClO<sub>3</sub><sup>-</sup></p> <p><b>Quadrado Planar</b></p> <p>KrF<sub>4</sub>                      ClF<sub>4</sub><sup>-</sup>                      BrCl<sub>4</sub><sup>-</sup>                      ClF<sub>3</sub>Br<sup>-</sup></p> <p><b>Forma de T</b></p> <p>ClF<sub>3</sub>                      BrF<sub>3</sub>                      SF<sub>3</sub>                      AsCl<sub>3</sub><sup>2-</sup></p> <p><b>Tetraédrica</b></p> <p>CH<sub>4</sub>                      CHCl<sub>3</sub>                      CF<sub>4</sub>                      SiBr<sub>4</sub>                      ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>                      PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></p> <p><b>Trigonal Plana</b></p> <p>BH<sub>3</sub>                      BCl<sub>3</sub>                      BBr<sub>3</sub>                      HCHO                      CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>                      NO<sub>3</sub><sup>-</sup>                      SO<sub>3</sub></p>
--	--

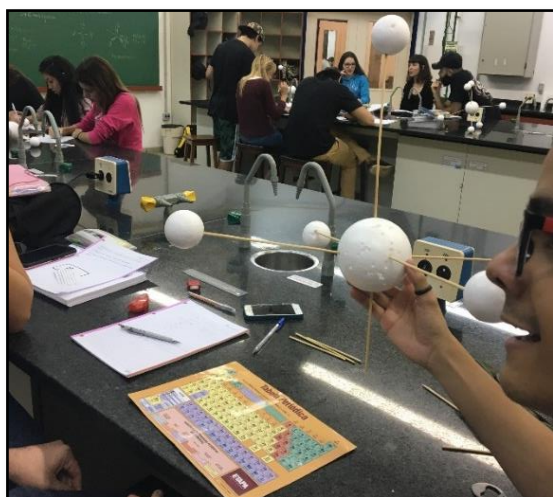


Diante de sua conclusão sobre a geometria molecular, o grupo serviu-se do material disponível sobre a bancada do laboratório para compor uma estrutura tridimensional. Para isto, estabeleceu-se que:

- esferas de 10 cm serviriam de modelo para os átomos centrais;
- esferas de 5 cm serviriam de modelo para os átomos periféricos (ligantes);
- palitos longos (25 cm) representariam os pares de elétrons ligantes;
- palitos curtos (10 cm) representariam os pares de elétrons isolados no átomo central.

Não foram utilizadas colas ou fitas para adesão, os palitos foram fixados diretamente nas esferas de isopor. Uma vez estabelecido um consenso entre os integrantes da equipe sobre a construção tridimensional da molécula ou íon (Figura 2), o professor era chamado com a finalidade de atestar se a estrutura estava correta ou não. Caso a estrutura apresentasse erros, a equipe recebia uma nova oportunidade de reconstruí-la e a reapresentação sofria uma penalidade de 50% da nota desse item de avaliação.

Figura 2 – Construção das estruturas tridimensionais.



Ao final da atividade, o grupo preencheu os dados da equipe e respondeu a uma pergunta, na própria ficha, sobre a interação intermolecular predominante prevista para a espécie. O modelo de ficha utilizado é ilustrado na Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Ficha com um exemplo de espécie química estudada: (a) frente (b) verso



(a)

Lab: \_\_\_\_\_ Professor: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_

Identifique a **interação intermolecular** predominante:

(b)

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





A última etapa da atividade teve por objetivo classificar a espécie química em “POLAR”, “APOLAR” ou “ÍON”. Para isto, foram disponibilizadas 3 caixas coloridas, tampadas e identificadas possuindo apenas uma incisão na parte superior para a inserção da ficha. (Figura 4).

Figura 4 – Caixas para classificação.



O critério de avaliação foi estabelecido da seguinte forma:

- 5,0 pontos referentes à construção das estruturas tridimensionais com a representação correta da geometria molecular da espécie química (1,0 ponto por cada espécie);
- 2,5 pontos referentes ao estudo da polaridade (0,5 ponto por cada espécie);
- 2,5 pontos referentes à correta identificação do tipo de interação intermolecular predominante (0,5 ponto por cada espécie).

## 2.2. Dados obtidos e discussão

Em comparação com os meios usuais de apresentar geometria molecular e polaridade (representações bidimensionais em lousa ou projeções em tela de computador), a utilização de uma construção física da geometria gerou um maior interesse por parte dos alunos, além de um impacto positivo nas notas atribuídas à atividade no laboratório; a atividade foi estruturada de modo que as notas dos grupos (2 ou 3 alunos por equipe) fossem divididas em frações de 0,5 e 1,0 ponto.

Envolvendo elementos de aprendizagem ativa, de maneira que os alunos primeiro apresentassem as suas geometrias previstas e depois fossem questionados e eventualmente corrigidos sobre a sua adequação, a avaliação resultou em notas

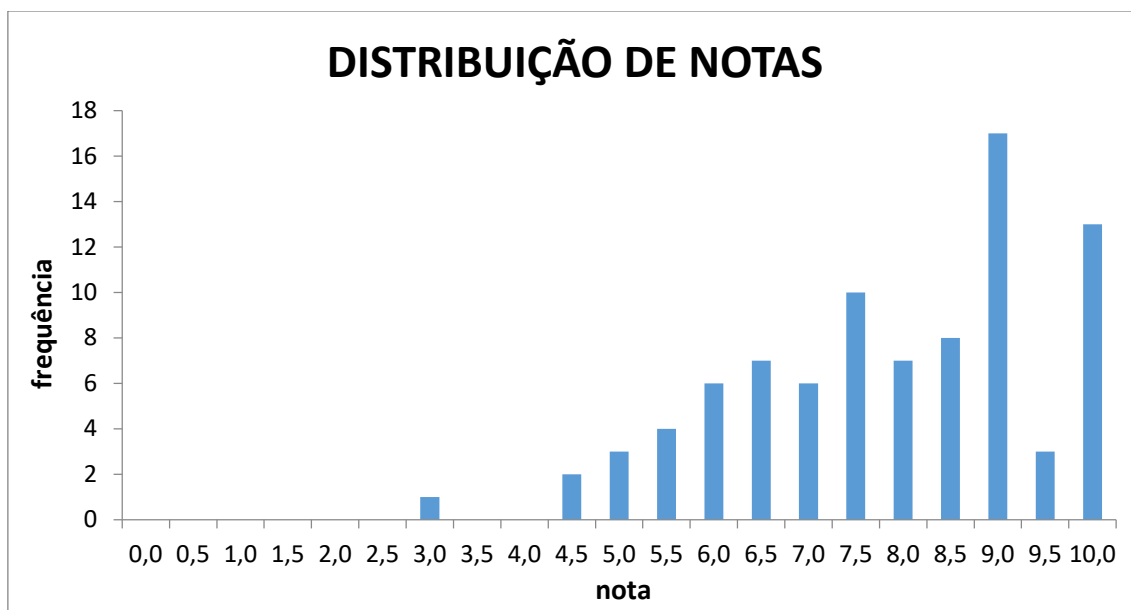
Organização

Promoção



satisfatórias para a grande maioria dos cerca de 300 alunos participantes, com mais de 70% deles auferindo nota igual ou superior a 7,0 de um máximo de 10,0 pontos, como pode ser observado no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Distribuição de notas dos grupos.



Os estudantes foram submetidos a uma pesquisa após a aplicação da atividade. Aproximadamente 90% deles consideraram que a manipulação física e a construção dos modelos de geometria molecular foram elementos benéficos ao aprendizado dos tópicos propostos (geometria das espécies e correlação com a polaridade), como se pode verificar nos gráficos a seguir.

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





Gráfico 2 – Respostas da primeira questão da pesquisa realizada com estudantes dos cursos diurno e noturno.

Primeira questão: (1 = **discordo totalmente** e 5 = **concordo totalmente**).  
 A atividade ajudou na previsão da geometria molecular das espécies.

1                      2                      3                      4                      5

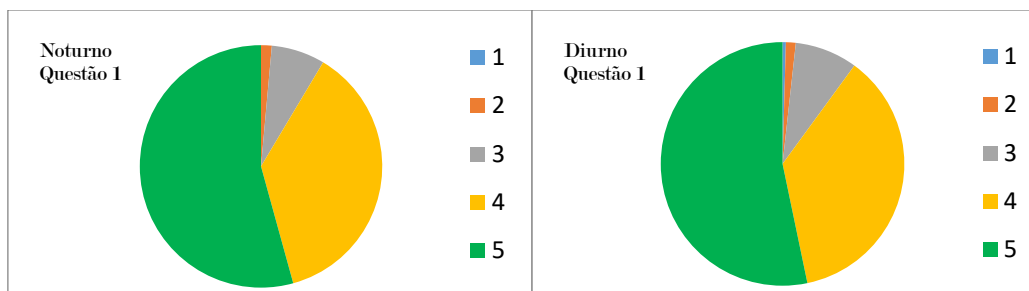
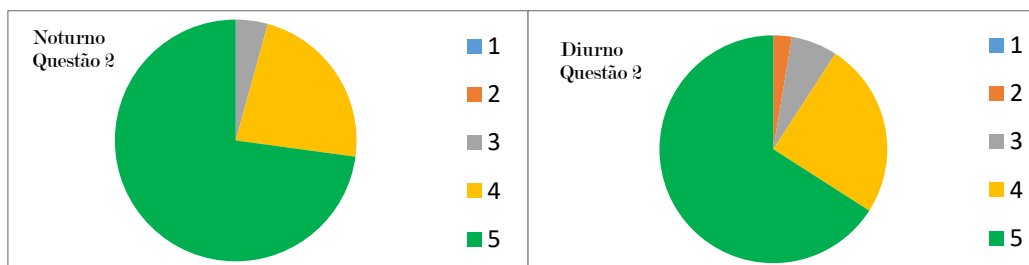


Gráfico 3 – Respostas da segunda questão da pesquisa realizada com estudantes dos cursos diurno e noturno.

Segunda questão: (1 = **discordo totalmente** e 5 = **concordo totalmente**).  
 O uso de esferas de isopor e palitos facilita o entendimento do conteúdo, uma vez que podemos enxergar geometrias em três dimensões.

1                      2                      3                      4                      5



Organização



Promoção





Gráfico 4 – Respostas da terceira questão da pesquisa realizada com estudantes dos cursos diurno e noturno.

Terceira questão: (1 = discordo totalmente e 5 = concordo totalmente).

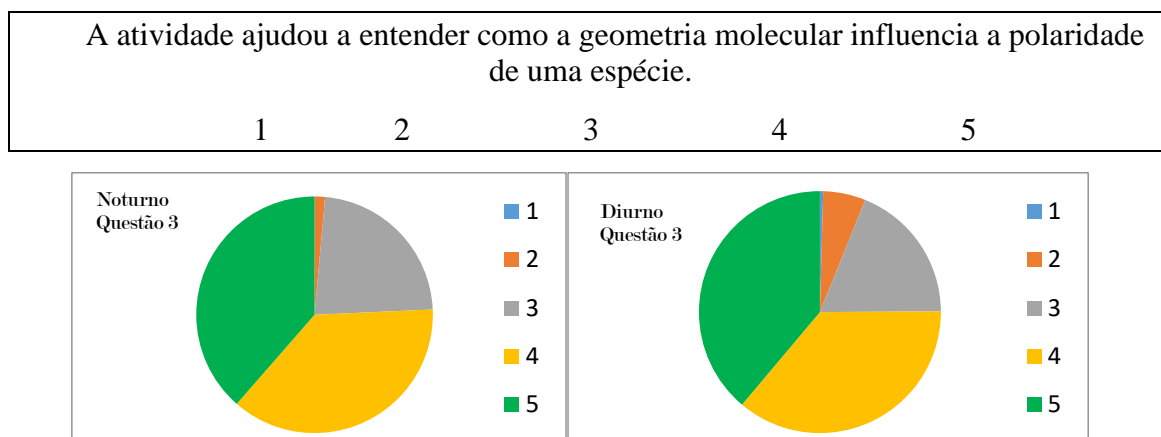
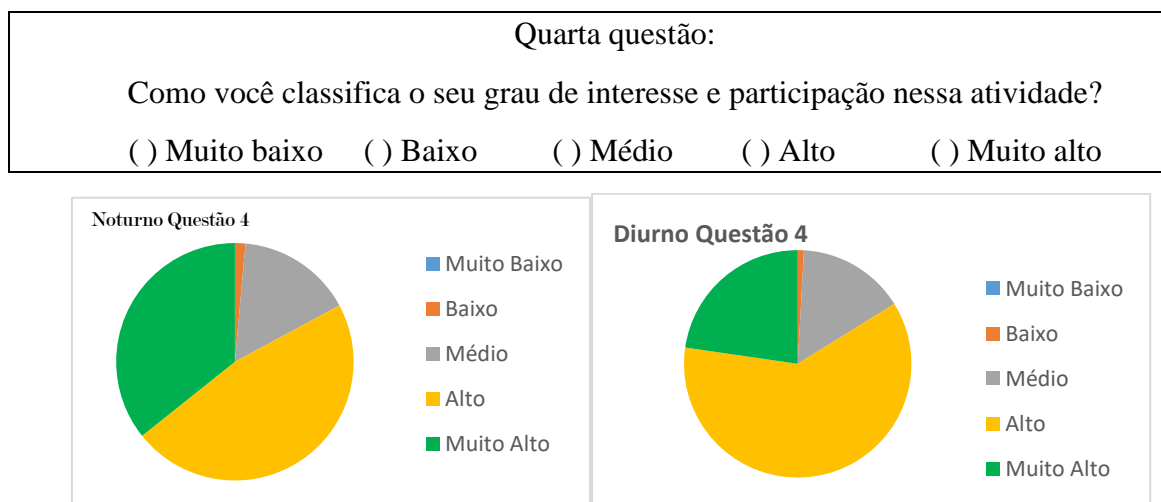


Gráfico 5 – Respostas da quarta questão da pesquisa realizada com estudantes dos cursos diurno e noturno.



Na pesquisa conduzida após a atividade, havia um campo para comentários e sugestões. Nos comentários escritos pelos estudantes, foi manifestada a aprovação da atividade destacando-se, com teor positivo, as seguintes opiniões:

- consideração da atividade como uma excelente ferramenta de aprendizado;
- maior facilidade de entendimento dos tópicos abordados em comparação com uma aula tradicional com representação bidimensional das estruturas em lousa;
- a atuação dos professores na aplicação da atividade foi considerada exemplar.

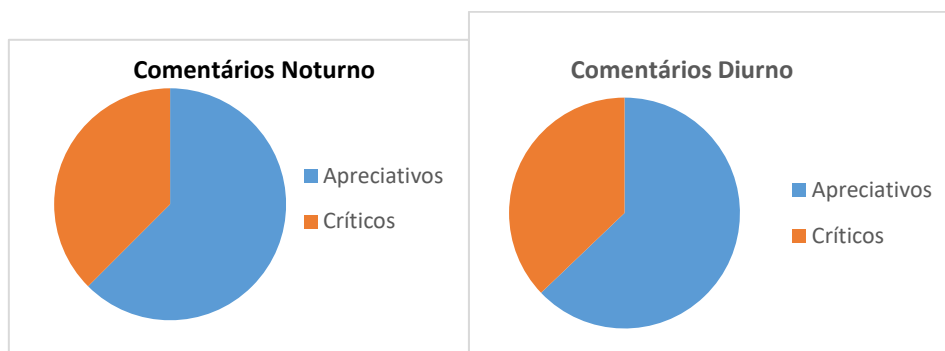
Organização

Promoção





Gráfico 6 – Classificação dos comentários e sugestões apresentados na pesquisa.



Por outro lado, algumas críticas foram manifestadas:

- material insuficiente para a montagem simultânea de todas as estruturas;
- alguns estudantes consideraram as esferas de isopor e palitos como substitutos inferiores aos modelos de construção de moléculas comerciais, normalmente feitos de plástico;
- um pequeno número de alunos considerou que representações 3D de estruturas por meios digitais seriam mais efetivas que a construção dos modelos;
- o número de estruturas e o tempo disponível para a execução da atividade (100 minutos) foram considerados incompatíveis.

Durante a realização da atividade, comentários colhidos localmente antes da aplicação da pesquisa também se mostraram em sua maioria positivos, com uma grande ênfase na sensação, por parte dos estudantes, de que o entendimento das geometrias moleculares se tornou muito melhor do que antes, quando se limitava às tradicionais representações bidimensionais em lousa durante aulas expositivas.

### 3. CONCLUSÃO

Face aos resultados tabulados e às observações colhidas pelos docentes presentes na atividade, conclui-se que a estratégia de aprendizagem ativa de elaboração de uma atividade visando ao ensino dos conceitos de geometria e polaridade foi muito bem recebida pelos estudantes de primeira série de engenharia. Também foi verificado que o desafio apresentado aos estudantes tornou a aula muito mais dinâmica, gerando bons resultados em termos de notas atribuídas. A correção das estruturas errôneas construídas ao longo do jogo também fez parte desse impacto positivo, permitindo que os estudantes eliminassem concepções alternativas, aperfeiçoassem seu entendimento e completassem a tarefa com elevado grau de sucesso. Pretende-se, em futuras edições da atividade, alterar alguns pontos, acrescentando, por exemplo, esferas de diversas cores para uma representação mais didática dos diferentes elementos químicos e também trabalhar mais profundamente a relação entre interação intermolecular e solubilidade, fazendo os estudantes depositarem as fichas do jogo em caixas identificadas por interação (íon-dipolo, dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido ou ligação de

Organização



Promoção





hidrogênio) e solubilidade (solúvel/miscível em água ou solúvel/miscível em tetracloreto de carbono).

### ***Agradecimentos***

*Agradecemos ao Instituto Mauá de Tecnologia pelo fornecimento de material para atividade além do suporte logístico e ao corpo técnico do Ciclo Básico da Escola de Engenharia Mauá pelo apoio na preparação dos laboratórios.*

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FLYVBJERG, B. Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative Inquiry*, Aalborg, v. 12, n. 2, p. 219-245, 2006.

HMELO-SILVER, C. E. Problem-based learning: what and how do students learn? *Educational Psychology Review*, New Jersey, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.

LAGE, M. J.; PLATT, G. J.; TREGLIA, M. Inverting the classroom: a gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, Oxford, v.31, n. 1, p. 30-43, 2000.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: from Harvard to the two-year college. *American Journal of Physics*, Cambridge, v. 76, n. 11, p. 1066-1069, 2008.

LIMA, M. B.; LIMA-NETO, P. D. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. *Química Nova*, Fortaleza, v.22, n.6, p.903-906, 1999.

MICHAEL, J. Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, Chicago, v. 30, p. 159-167, 2006.

MICHAEL, J. A.; MODELL, H. I. *Active learning in secondary and college science classrooms: a working model of helping the learning to learn*. Mahwah, New Jersey: Erlbaum, 2003. 162 p.

PALINSCAR, A. Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, Ann Arbor, v. 26, n. 3-4, p. 369-398, 1991.

PARMELEE, D. X.; MICHAELSEN, L. K. Twelve tips for doing effective Team-Based Learning (TBL). *Medical Teacher*, Dayton, v. 32, n. 2, p. 118-122, 2010.

PEDERSEN, S.; LIU, M. Teachers' beliefs about issues in the implementation of a student-centered learning environment. *Educational Technology Research and Development*, College Station, v. 51, p. 57-76, 2003.

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





## **GEOMETRY AND POLARITY: AN INTRODUCTORY APPROACH IN ENGINEERING UNDERGRADUATE COURSES USING MOLECULAR MODELS**

**Abstract:** *this study presents a pedagogical tool aimed to the teaching of molecular geometry, polarity and intermolecular interactions. To achieve the learning goals of these concepts, an activity with the use of molecular models has been conducted. In this activity, teams of two or three engineering students have Styrofoam spheres to represent atoms and wooden kebab sticks as electron pairs. Each team gets a five-card deck with ions and molecules formulas as a challenge. The 3D construction of the card indicated species and the prediction of its polarity and predominant intermolecular interaction properties are the central target (goal) of the activity. The task was presented to around 300 undergraduates of the first year in the Engineering course and evaluated with teacher's attributed grades and with a survey among the students. More than 70% of the students got grades 7.0 or above from a possible total of 10.0 points. The survey also highlighted the following: 93.5 % of the surveyed students considered the approach of 3D structure construction as a learning facilitator and 83.5% of them classified their own interest and level of participation in the proposed activity as high or very high. Such results suggest that this learning activity tool reached success among the students.*

**Keywords:** *molecular models, pedagogical strategy, active learning, Chemistry for Engineering.*

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção

