

# Como Montar Modelos de Estruturas Metálicas a Partir do Empacotamento de Esferas de Isopor

Luiz Antonio Andrade de Oliveira

Camila Silveira da Silva

Olga Maria Mascarenhas de Faria Oliveira

## COMO COLAR AS BOLAS DE ISOPOR

Material necessário para a montagem das estruturas: bolas e cola de isopor, palitos de madeira. (Figura 1)



Figura 1 – Material necessário para a montagem de estruturas de metais.

1

1. Sequência de operações para colar as bolas de isopor para a montagem das estruturas (Figuras 2 a 6)



Figura 2



Figura 3

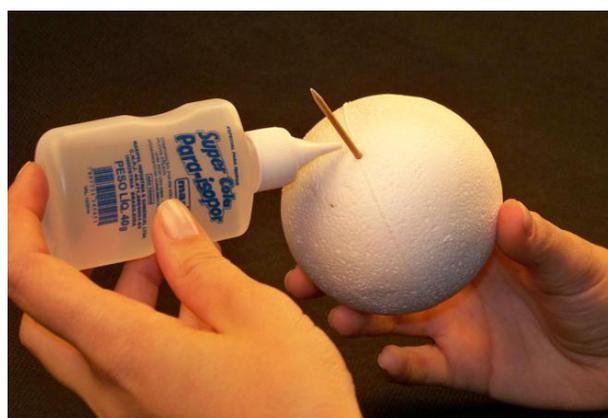


Figura 4



Figura 5



Figura 6

## COMO MONTAR UMA ESTRUTURA DO TIPO ABA (EMPACOTAMENTO HEXAGONAL DENSO)

Repetindo a operação de colagem com 7 bolas de isopor, monte a estrutura de empacotamento denso de esferas no plano, com uma esfera central rodeada de 6 esferas ao redor, como representado na Figura 7.



Figura 7 – Representação de parte do retículo de empacotamento denso de esferas no plano.

Na Figura 8 vê-se o empacotamento denso de esferas no plano sob outro ângulo, mostrando os “vazios” (interstícios) existentes entre esferas adjacentes da estrutura.



Figura 8 – Empacotamento de esferas no plano, mostrando os interstícios existentes entre esferas adjacentes.

Na Figura 9 é mostrado como colocar uma esfera sobre a primeira camada de esferas, representada na Figura 8, de modo que haja a maior eficiência de ocupação do espaço. Essa ocupação máxima de espaço é conseguida quando a esfera da segunda camada é colocada sobre um interstício da primeira camada.

4



Figura 9 – Início de montagem de uma segunda camada de esferas, com a máxima ocupação de espaço.

Colocada a primeira esfera da segunda camada, é fácil verificar que não é possível colocar uma segunda esfera em interstício adjacente. Isso é mostrado na Figura 10.



Figura 10 – Colocação da segunda esfera em interstícios alternados.

Na Figura 11 é mostrada a situação final quando se coloca a terceira esfera sobre a primeira camada, de modo a haver a máxima ocupação possível do espaço. Essa situação é obtida com a colocação das esferas da segunda camada em interstícios alternados da primeira camada.

Essa situação é representada como empacotamento do tipo AB, onde A e B representam camadas de esferas não coincidentes em planos diferentes.



Figura 11 – Montagem do empacotamento denso de duas camadas de esferas do tipo AB.

Na Figura 12 vê-se a montagem das duas camadas de esferas AB sob outro ângulo, onde se pode ver a ocupação de interstícios alternados da primeira camada de esferas pelas esferas da segunda camada.



Figura 12 – Montagem de duas camadas de esferas AB mostrando a ocupação alternada dos interstícios da primeira camada pelas esferas da segunda camada.

Quando colocamos esferas de uma terceira camada sobre as duas anteriores, um dos modos que isso pode ocorrer é organizar as esferas da terceira camada para estar alinhadas com as esferas da primeira camada, formando um arranjo do tipo ABA.

Essa situação é mostrada na Figura 13, na qual, por conveniência, a camada contendo uma esfera rodeada por outras seis é colocada em posição superior.

A seguir, é colocada uma esfera da terceira camada, de modo que haja ocupação máxima de espaço (ela é colocada sobre um dos interstícios da camada inferior), e que esteja alinhada com a esfera da primeira camada de esferas.



Figura 13 – Colocação da primeira esfera da terceira camada sobre um dos interstícios da camada inferior, alinhada com a esfera da primeira camada.

Na Figura 14, o empilhamento de esferas mostrado na Figura 13 é apresentado novamente, com a presença de uma referência colocada verticalmente, para destacar que as esferas da primeira e terceira camadas estão alinhadas. Por isso, esse arranjo é representado como empacotamento do tipo ABA.



Figura 14 – Visão do arranjo mostrado na Figura 13, enfatizando o alinhamento das esferas da primeira e terceira camadas, típicas de um empilhamento do tipo ABA.

Colocando-se as duas esferas restantes, completa-se a terceira camada de esferas de um empacotamento do tipo ABA, mostrado na Figura 15.



Figura 15 – Empacotamento denso de esferas do tipo ABA.

O empilhamento do tipo ABA dá origem ao **empacotamento hexagonal denso**, mostrado no Tema da semana.

A razão para essa denominação é que na estrutura resultante, se girarmos a estrutura por um ângulo de  $60^\circ$ , obtemos uma situação semelhante à inicial.

## COMO MONTAR UMA ESTRUTURA DO TIPO ABC (EMPACOTAMENTO CÚBICO DENSO, OU CÚBICO DE FACE CENTRADA)

Se partirmos da situação representada na Figura 15, e fizermos alteração no modo de colocação da terceira camada de esferas, de modo que as esferas da primeira e terceira camadas não sejam coincidentes (lembre-se que três esferas colocadas sobre a camada intermediária de esferas mostrada nessa figura, ocupam três interstícios alternados da referida camada intermediária), teremos o arranjo do tipo ABC.

No entanto, essa montagem não deixa claro como é gerado uma estrutura cúbica de face centrada, sendo necessário empregar outro modo de representação do retículo, o que é mostrado a seguir.

O ponto de partida para a montagem do cubo de face centrada é a representação alternativa do empacotamento denso de esferas no plano, mostrado na Figura 16 (note que essa representação é a que aparece na figura da página 4 do Tema da presente semana).



Figura 16 – Modo alternativo de representação de empacotamento denso de esferas no plano.

Se colocarmos uma segunda camada de esferas como a representada na Figura 16 sobre a primeira camada, de modo que os vértices da representação no plano tenham orientações opostas, como representado na Figura 17, temos um empilhamento do tipo AB (duas camadas de esferas com orientações diferentes).



Figura 17 – Representação de duas camadas de esferas em empacotamento do tipo AB.

Na Figura 18 é colocada uma terceira esfera. Como a esfera não coincide com nenhuma das já presentes inicialmente, o arranjo é do tipo ABC.



Figura 18 – Representação de três camadas de esferas em arranjo do tipo ABC.

Se colocarmos outra esfera do lado oposto à da última colocada anteriormente, obtemos a situação representada na Figura 19.



Figura 19 – Representação de 4 camadas de esferas, num arranjo ABCA.

Na Figura 20 é mostrado o arranjo apresentado na Figura 19, com uma ligeira mudança de ângulo de visão, que começa a mostrar uma face do cubo de face centrada, em que uma esfera no centro da face do cubo é tocada por quatro esferas nos vértices da face do cubo.



Figura 20 – Arranjo do tipo ABCA da Figura 19, mostrado em outro ângulo de visão. Mostrando duas faces do cubo de face centrada.

Nas Figuras 21 e 22 são representadas visões do mesmo arranjo de esferas anterior, mostrando faces do cubo de face centrada.



Figura 21 – Outra visão do arranjo ABCA anterior.



Figura 22 – Visão do arranjo ABCA mostrando uma face do cubo de face centrada.

Outro modo de mostrar a estrutura de cubo de face centrada representada até aqui, é o modelo de bolas e varetas mostrada na Figura 23.

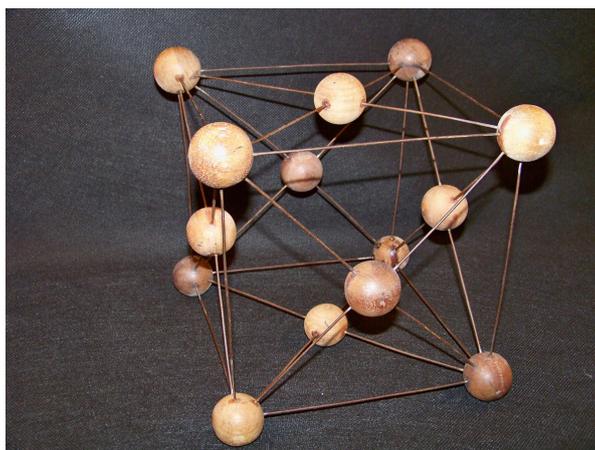


Figura 23 – Representação da estrutura cúbica de face centrada através de modelo bola-vareta.

Nesse tipo de estrutura as bolas de madeira (pode ser de isopor, com raio menor que as empregadas anteriormente) representam o núcleo dos átomos que formam a estrutura. Desse modo é possível visualizar mais facilmente a estrutura formada, o que nem sempre é fácil de ser ver quando se empregam esferas sólidas.

12

A relação entre os dois modelos representando a estrutura cúbica de face centrada é mostrada nas Figuras 24 e 25.

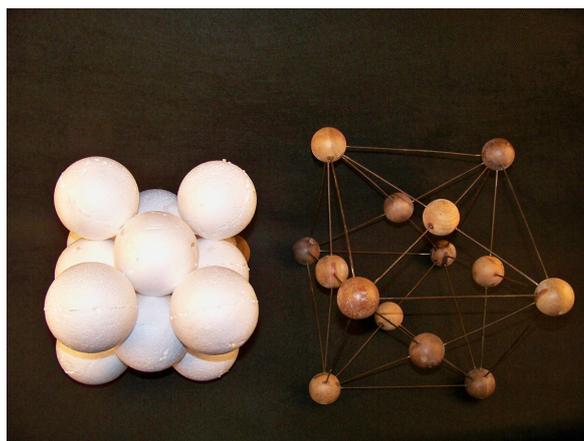


Figura 24 – Relação entre os modelos de esferas e bola-vareta representando estruturas cúbicas de face centrada.

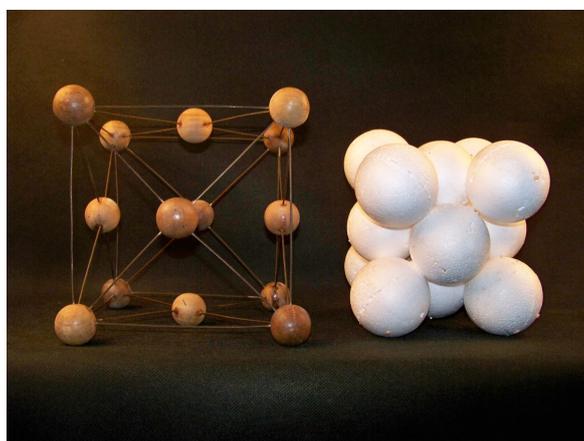


Figura 25 – Outro ângulo dos dois tipos de modelos representando uma estrutura cúbica de face centrada.

Para finalizar, apresentamos o modelo de bola-vareta da estrutura cúbica de corpo centrado, caracterizada por ter uma esfera no centro do cubo, ligado às oito esferas que ocupam os vértices do cubo. Essa estrutura pode também ser montada utilizando as esferas de isopor e palitos de madeira.

É importante lembrar que essa estrutura não é um empacotamento denso de esferas. Se considerarmos a esfera do centro da estrutura, pode-se ver facilmente que o número de coordenação da esfera central (número de esferas que estão igual distância da esfera central) é igual a 8, e não 12, como encontrado num empacotamento denso de esferas.

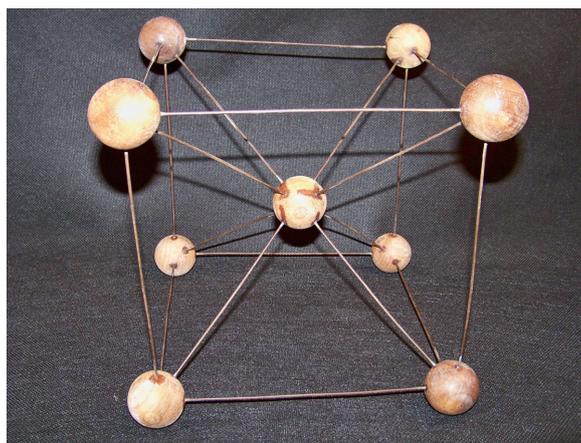


Figura 26 – Modelo de bola-vareta da estrutura cúbica de corpo centrado.