

# CÚPULAS GEODÉSICAS



GUIA PARA INICIANTES



AME  
RIN  
DIA

CÚPULAS GEODÉSICAS

# SUMÁRIO

**“Geodésica: a forma mais forte, leve e eficiente de encerrar espaço desenhada pelo homem.”**

*Instituto Americano de Arquitetura*



**AME  
RIN  
DIA**



<b>LICENÇA CREATIVE COMMONS</b>	<b>05</b>
AMERÍNDIA - CÚPULAS GEODÉSICAS	06
SOBRE O AUTOR	07
INTRODUÇÃO	09
<b>PARTE 1</b>	
ONDE SURTIU E QUAL A HISTÓRIA DAS CÚPULAS GEODÉSICAS	10
BUCKMINSTER FULLER: O MESTRE DAS CÚPULAS GEODÉSICAS	16
CONTRACULTURA, HIPPIES E COMUNIDADES ALTERNATIVAS	23
FULERENOS E CARBONO 60, PADRÃO GEODÉSICO NA NATUREZA	25
MAIORES E MAIS FAMOSAS CÚPULAS GEODÉSICAS DO MUNDO	26
<b>PARTE 2</b>	
COMPREENDENDO AS CÚPULAS GEODÉSICAS	28
GEOMETRIA, POLÍGONOS E POLIEDROS: CONCEITOS FUNDAMENTAIS	30
ENTÃO, AFINAL, O QUE SÃO DOMOS/CÚPULAS GEODÉSICAS?!	34
GEOMETRIA DAS CÚPULAS GEODÉSICAS	38
FREQÜÊNCIAS: UM CONCEITO CHAVE	39
DIVIDINDO A GEODÉSICA PELA METADE OU EM FRAÇÕES	44
CONSTITUIÇÃO FÍSICA DAS CÚPULAS GEODÉSICAS	45
BARRAS	45
CONEXÕES OU NÓS	48
COBERTURAS	51
O INTERIOR DOS DOMOS	52
PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS	54
<b>PARTE 3</b>	
<b>FAÇA SUA PRÓPRIA MAQUETE GEODÉSICA!</b>	<b>56</b>





## Licença Creative Commons

Esse Ebook está sendo publicado pela **Ameríndia – Design em Sustentabilidade**, que dentre vários produtos e serviços também fabrica, ensina e capacita pessoas em Cúpulas Geodésicas.

“O projeto Ameríndia é uma busca e uma realização de um mundo melhor, difundindo a cultura de paz e sustentabilidade, baseado nas ciências holísticas, da Permacultura, e da Bioconstrução e dos povos ancestrais da América.

Nosso projeto visa a pesquisa, desenvolvimento e aplicação de tecnologias de caráter ecológico, social e ressonantes.

**Desenvolvemos projetos e oferecemos Produtos, Consultorias e Assistência Técnica, assim como oferecemos Cursos, Workshops e Oficinas nessas áreas.”**





Através deste Ebook, nosso projeto busca facilitar a capacitação em Autoconstrução de Cúpulas Geodésicas de Baixo Custo, com o intuito de difundir essa incrível estrutura para o maior número de pessoas interessadas em um mundo mais sustentável e pacífico. Buscamos o desenvolvimento e aplicação de materiais e sistemas construtivos ecológicos de baixo impacto ambiental, sendo que nosso design personalizado de Cúpulas Geodésicas é baseado nos princípios da Permacultura, do EcoDesign e da Bioarquitetura.

### **Qual o propósito desta publicação?**

A maioria das pessoas que veem um domo geodésico pela primeira vez, ficam completamente fascinadas pela sua forma, geometria e energia emanada por ela. Muitas pessoas gostariam de saber mais sobre (mas têm dificuldade de encontrar informações de qualidade) ou ter uma dessas cúpulas (mas não sabem como fazer ou quem as faça para elas). Nosso intuito é oferecer conhecimentos, capacitações e ferramentas para essas pessoas, facilitando assim a jornada por esse fascinante universo das Cúpulas Geodésicas.

[www.amerindia.eco.br](http://www.amerindia.eco.br)

[facebook.com/amerindiadesign](https://facebook.com/amerindiadesign)

[Instagram/amerindia.eco.br](https://Instagram/amerindia.eco.br)

**Jorge Maron é Designer em Sustentabilidade, dedicado a aplicação, desenvolvimento e pesquisas de Cúpulas Geodésicas, Bioconstruções em Terra e Design em Bambu.**

Possui grande admiração e respeito aos povos ancestrais(principalmente aos indígenas), os quais busca se inspirar para aprender a “ler a Natureza”, maior biblioteca a que se dedica estudar.

É entusiasta das Cúpulas Geodésicas - uma das estruturas mais fantásticas e impressionantes que conheceu - e que lhe causa grande admiração devido a sua incrível capacidade de unir Ciência e Natureza, Física e Metafísica dentro de um projeto arquitetônico moderno de infinitas aplicações e possibilidades.

Coordenador do projeto Ameríndia – Design em Sustentabilidade. Facilita e desenvolve projetos, produtos e serviços nessas áreas há mais de 10 anos.

Formado pelo Centro de Referência do Bambu (Cerbambu), onde iniciou seus estudos e práticas com Bambu e Cúpulas Geodésicas.

Formado pelo Gaia Education em Design em Sustentabilidade, onde também faz parte da equipe de educadores de Minas Gerais, ministrando oficinas de Bioconstrução com Terra e Bambu.





## Introdução

**“Você não muda as coisas lutando contra a realidade atual. Para mudar algo é preciso construir um modelo novo que tornará o modelo atual obsoleto.”**

---

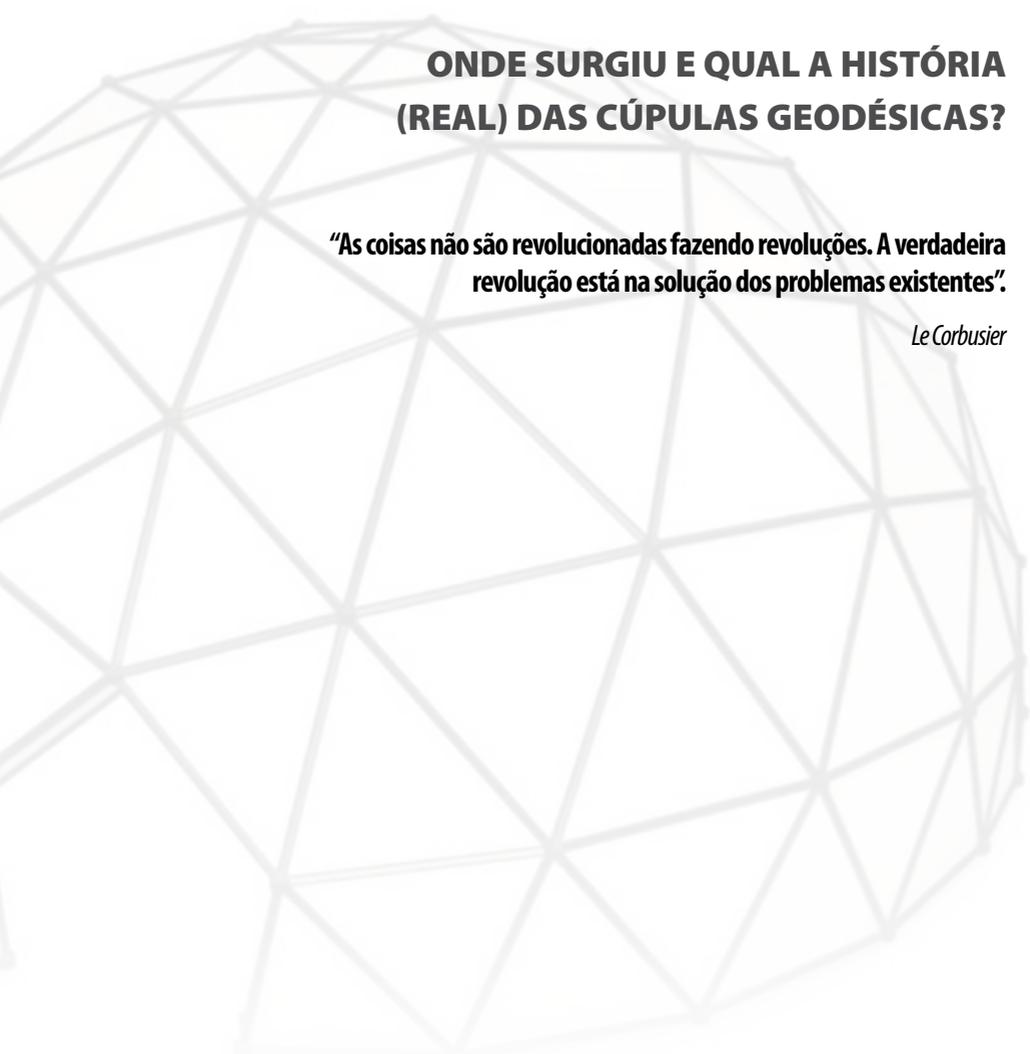
*Buckminster Fuller*

Desde a sua invenção em 1922, as cúpulas ou domos geodésicos vem gradativamente se desenvolvendo e se difundindo pelo mundo através de diversos designers, arquitetos, engenheiros, pesquisadores e entusiastas no assunto. Estima-se que foram construídos mais de 300.000 domos de Norte a Sul, de Leste a Oeste do planeta, incluindo áreas remotas, como os Pólos.

Porquê essas cúpulas encantam tanta gente? Qual sua história? Como se cria? Que materiais que se utilizam? Para que servem? Quais suas vantagens e desvantagens? Posso construir uma?

Essas e muitas outras perguntas, buscaremos responder (ou expressar um ponto de vista) nesse Ebook. Pela primeira vez em português, está sendo disponibilizada essa informação de forma sucinta, clara e de fácil acesso, em uma compilação de muitos anos de estudos, práticas, pesquisas e experimentos com geodésicas. Meu objetivo é descomplicar algo que parece muitíssimo complicado, mas que pode ser facilmente apreendido com esse material que agora está disponível gratuitamente!

Jorge Maron, abril de 2018



## **ONDE SURTIU E QUAL A HISTÓRIA (REAL) DAS CÚPULAS GEODÉSICAS?**

**“As coisas não são revolucionadas fazendo revoluções. A verdadeira  
revolução está na solução dos problemas existentes”.**

*Le Corbusier*

**Há muitos textos em livros e na internet bastante confusos sobre o surgimento das cúpulas geodésicas, com dados falsos e distorções sobre o seu verdadeiro surgimento. Esse é um relato verídico (ou bem próximo), fruto de pesquisas inclusive nas fontes originais do surgimento das mesmas. Posso ousar afirmar que esse é um dos melhores e mais completos relatos sobre o surgimento das cúpulas geodésicas que é possível achar em fontes de pesquisas, sejam elas físicas ou virtuais.**

## **DAS CIVILIZAÇÕES ANCESTRAIS ÀS CÚPULAS GEODÉSICAS**

Para se chegar à construção da primeira Cúpula Geodésica que se tem registro, houve uma longa construção de pensamentos, idéias e conceitos prévios que criaram o alicerce para que ela fosse materializada em estado arquitetônico no início século passado. Essa construção coletiva existiu graças a pessoas geniais, de grande conhecimento e sabedoria, e se inicia em períodos muito remotos da história da humanidade, em civilizações ancestrais das quais nem fazemos idéia. . .

Em determinado momento essa linha de conhecimento ganhou forma e uma potência gigantesca, em uma civilização que iria mudar para sempre a história da humanidade, a Grécia Antiga.

Foi através dos filósofos pré-socráticos, Pitagóricos e aos contemporâneos do filósofo Sócrates, sendo os maiores expoentes, Platão e Aristóteles, que toda uma série de conhecimentos derivados dessa antiquíssima linha de conhecimento passou a ser registrada, sistematizada e por fim difundida por todo o mundo, inaugurando assim uma Nova Era de conhecimentos e visões de mundo, baseadas na Ciência e na Filosofia, desencadeando uma série de avanços (e retrocessos) em diversos campos de conhecimentos que tangem a humanidade.

As Cúpulas Geodésicas e sua história, está diretamente ligada a esse fluxo de pessoas, acontecimentos e pensamentos tão antigos, sendo que essas cúpulas representam por si só, **um grande marco na arquitetura mundial de todos os tempos!**

## A MATERIALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA DA CÚPULAS GEODÉSICAS

Apesar dos Domos e Cúpulas existirem há milhares de anos, a construção dos primeiros Domos Geodésicos como estrutura arquitetônica é relativamente recente.

A primeira cúpula geodésica ainda não tinham sido batizadas com esse nome (isso só aconteceria mais de 20 anos depois) quando foi construída por volta do ano de 1922, na cidade de Jena, na Alemanha e possui uma fantástica história que representou uma grande revolução, digna de um filme...

Elas foram criadas pela equipe da indústria de ótica Carl Zeiss Optical Works Corporation.

Seu desenvolvimento está diretamente atrelado à criação do **primeiro projetor planetário do mundo** chamado de "Modelo I", em 1919 por Walter Bauersfeld, projetista genial e membro do conselho de administração da empresa.

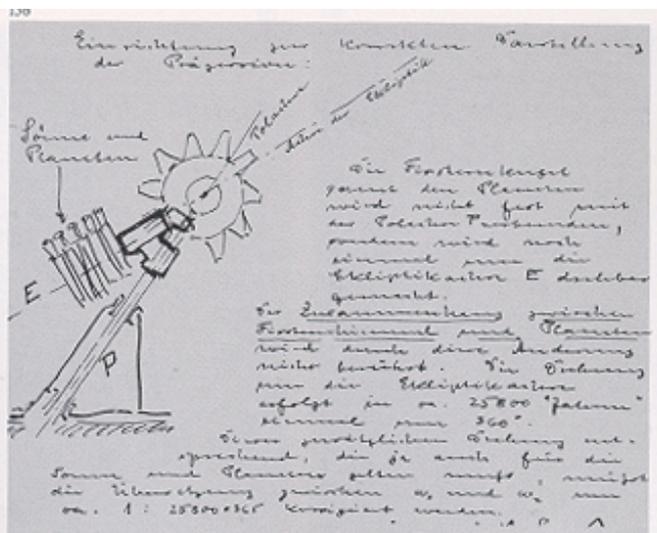
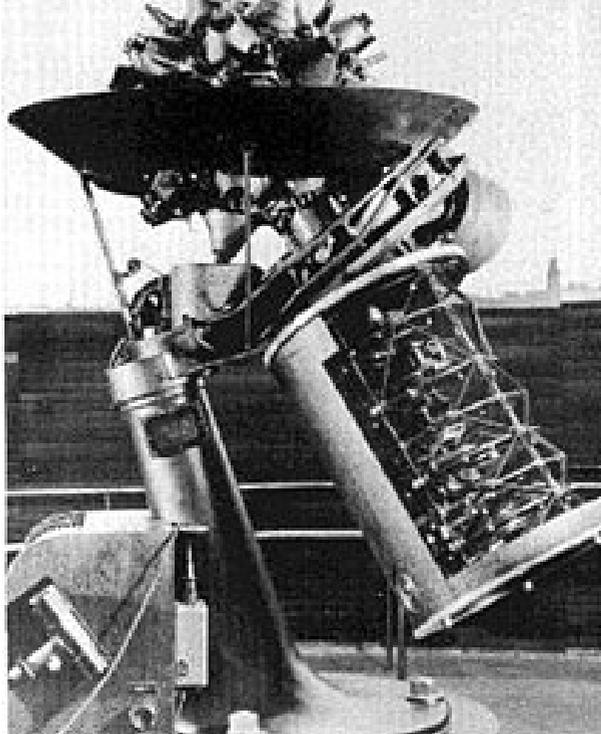


Foto: Bauersfeld e seu projeto para o primeiro projetor planetário

"Conhecido como Modelo I, este planetário estabeleceu padrões técnicos que ainda são válidos atualmente. Foi seguido pelos Modelos II a IX, planetários de cúpula pequena e média, e sistemas de vídeo para projeção full dome... Cada um é uma obra-prima da engenharia, montado à mão e praticamente indestrutível."<sup>3</sup>

**EM 1922, BAUERSFELD PROJETOU A PRIMEIRA CÚPULA GEODÉSICA QUE SE TEM REGISTRO.**

Seu projeto se baseou nas fórmulas descritas pelo filósofo grego Platão ( que as escreveu há mais de 2.600 anos atrás!) e foi executado pela empresa alemã “Dykerhoff e Wydmann” no telhado da fábrica da Zeiss. Para seu projeto, Bauersfeld percebeu que a cúpula tinha de ser extremamente leve (pois seria colocado no telhado de uma fábrica da Zeiss), mas também, grande o suficiente para acomodar um grande público, forte o suficiente para resistir a tempestades e arredondado o suficiente para apresentar uma superfície de projeção agradável para as estrelas e planetas do planetário.



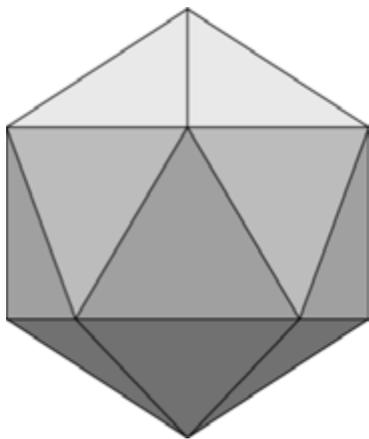
*Foto: primeiro projetor planetário do mundo (fonte: Wikipédia)*

**Era o início de uma grande revolução na engenharia e na arquitetura, sendo considerado por muitos O MAIOR INVENTO DO SÉCULO 20 EM TERMOS DE ESTRUTURA!**

Essa cúpula tinha o diâmetro de 16 metros e era composta por 3480 barras de metal. Essa geodésica era baseada no Icosaedro (figura geométrica descrita por Platão, que possui 20 lados iguais) e possuía uma frequência 16 (explicaremos esses termos nos próximos capítulos).



*Foto: Primeira Cúpula geodésica sendo construída..*



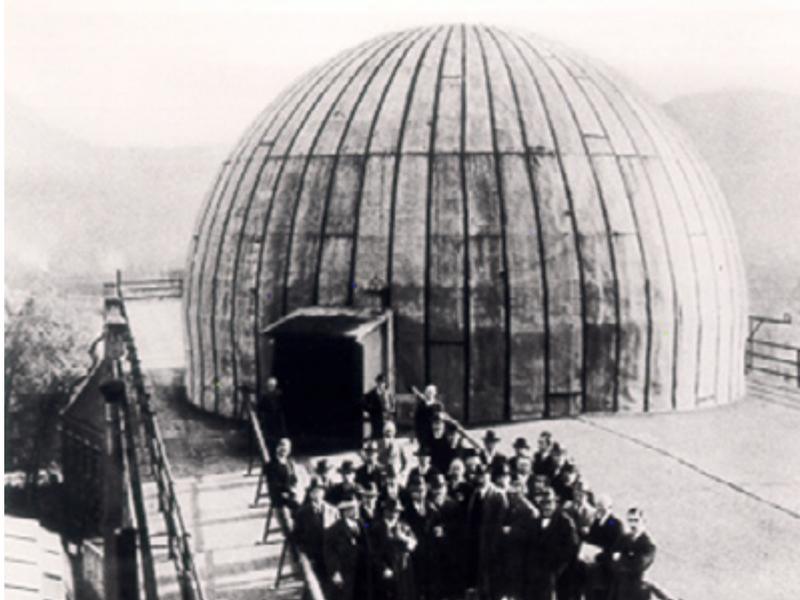
### ICOSAEDRO - “MATRIZ” DA PRIMEIRA GEODÉSICA E DA MAIORIA DAS ATUAIS.

Platão foi o primeiro a descrevê-lo em um tratado há mais de 2.600 anos atrás, sendo que ele não o “inventou”, pois essa é uma estrutura universal, presente inclusive na Natureza e já tinha sido inclusive registrada em pedras e outros artefatos por civilizações antigas.

O interessante é que na época (1922), estavam surgindo diversos tipos de materiais e técnicas industriais de alta qualidade, os quais, sem elas seria muito difícil ter conseguido construir essa cúpula. A “Dykerhoff e Wydmann”, empresa que construiu a cúpula, foi a pioneira na utilização e desenvolvimento do cimento na Alemanha, e uma das técnicas desenvolvidas na época foi o “ferrocimento”, que foi utilizada para cobrir a cúpula. Essa técnica ainda estava em testes na época e consolidou uma revolução na construção civil, por permitir criar estruturas de pequenas a grandes dimensões, economizando muita matéria-prima, pois permitia criar diversos tipos de estruturas muito resistentes e impermeáveis com uma pequena camada de cimento sobre uma trama de metal. Portanto além de ter sido a primeira cúpula geodésica registrada, também é considerada **A PRIMEIRA CÚPULA DE FERROCIMENTO DO MUNDO!**



*Foto: Cobrindo a primeira cúpula com ferrocimento*



*Foto: inauguração da Cúpula*

A cúpula e o planetário fizeram tanto sucesso que posteriormente a indústria Zeiss patenteou e fabricou diversos outros Domos em diversos locais do mundo, sendo considerados os pioneiros na difusão em larga escala desse tipo de estrutura, principalmente voltada para a construção de planetários.

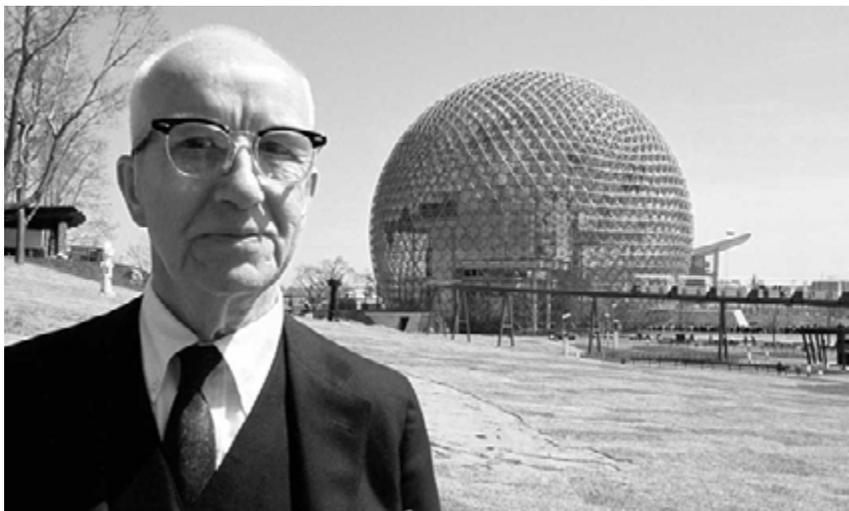
Uma cúpula maior, de 25 metros de diâmetro, chamada “A Maravilha de Jena”, foi construída e aberta ao público em julho de 1926 e existe até hoje, sendo registrada como O PLANETÁRIO MAIS ANTIGO DO MUNDO!



*Foto: Segunda Cúpula que foi construída pela Zeiss*

## **BUCKMINSTER FULLER: O MESTRE DAS CÚPULAS GEODÉSICAS**

Mais de 20 anos depois da construção das primeiras cúpulas geodésicas pela Zeiss, e aparentemente sem nenhum vínculo com esta, surge o maior personagem histórico associado às cúpulas geodésicas: RICHARD BUCKMINSTER FULLER (1895-1983), ou simplesmente “Bucky” como era chamado.



*Foto: Bucky e uma de suas inúmeras geodésicas.*

Fuller foi quem nomeou estas cúpulas de “Geodésicas” depois de realizar experimentos de campo com estudantes e o artista Kenneth Snelson no Black Mountain College, onde Fuller lecionava, em 1948 e 1949. Embora Fuller não fosse o inventor original, ele é creditado devido a popularização americana da idéia pela qual recebeu a patente US 2.682.235 em 29 de junho de 1954.

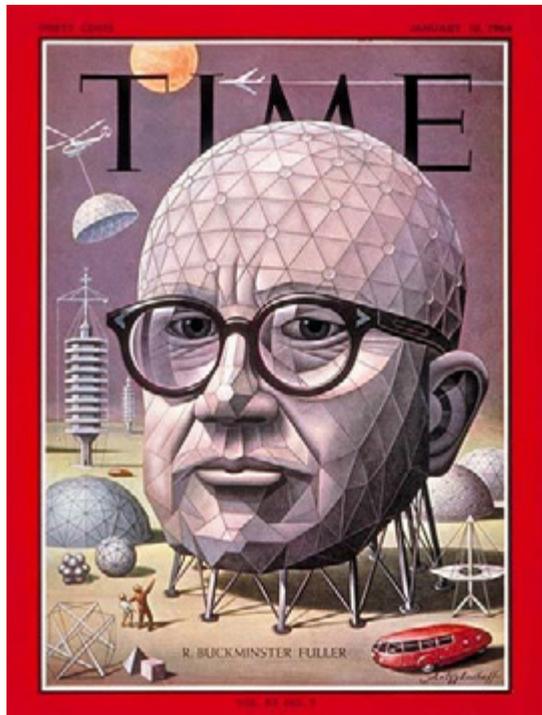


*Foto: Uma das primeiras geodésicas desenvolvidas por Fuller e estudantes do Black Mountain College*

Bucky foi quem mais as estudou e as compreendeu profundamente, sistematizando e facilitando a difusão em larga escala desses domos por todo o mundo.

“Dedicando sua vida para fazer o mundo funcionar para toda a humanidade, Fuller operou como um filósofo prático que demonstrou suas idéias como invenções que ele chamava de “artefatos”. Fuller não se limitou a um campo, mas trabalhou como um “abrangente cientista de projeto antecipatório” para resolver problemas globais em torno de habitação, abrigo, transporte, educação, energia, destruição ecológica e pobreza. Ao longo de toda a sua vida, Fuller deteve 28 patentes, escreveu 28 livros e recebeu 47 graus honorários.” (Buckminster Fuller Institute)

*Foto: capa da revista Time com Fuller*



“Buckminster Fuller desenvolveu trabalhos no campo da arquitetura, do design, da engenharia e da filosofia, esse trabalho abrangente é fruto de sua idéia anti-especialista, na qual ele condena o excesso de especialização e defende que o homem deve usufruir sua ‘abrangência inata’ de pensamento, reservando às máquinas e ao computador tarefas especializadas e repetitivas.”

([http://rbfuller.blogspot.com.br/2008/10/contexto\\_21.html](http://rbfuller.blogspot.com.br/2008/10/contexto_21.html))

**ESTIMA-SE QUE HÁ MAIS DE 300.000 GEODÉSICAS ESPALHADAS DE NORTE A SUL, DE LESTE A OESTE POR TODO O GLOBO TERRESTRE, INCLUINDO LUGARES EXTREMAMENTE REMOTOS.**

Considerado por muitos um dos grandes gênios do século XX, Bucky possuía uma mente brilhante e deixou um grande legado para o mundo. Marshall McLuhan chamou Bucky de “o Leonardo da Vinci do século 20”.

Se dedicou exaustivamente à criar soluções baratas, sustentáveis e eficientes para diversos problemas da humanidade, sendo as Cúpulas Geodésicas, seus mais famosos e bem sucedidos projetos.

Bucky lançou a cúpula geodésica como um dispositivo para a liberdade: uma forma totalmente nova de estrutura leve que, teoricamente, poderia ser colocada em qualquer lugar.

## SUSTENTABILIDADE E A REVOLUÇÃO PELO DESIGN

**“Não há crise de energia, somente a crise de ignorância”**

*B.Fuller*

Bucky difundia “a concepção de planeta como um sistema regenerativo onde cada organismo ao ser guiado pelos seus instintos de sobrevivência também acaba desempenhando um papel secundário que ajuda a equilibrar o planeta como um todo. Como, por exemplo, uma abelha que ao buscar o néctar para sua sobrevivência acaba ajudando na reprodução das plantas através da polinização.

De acordo com Bucky, o afastamento do homem da natureza, na migração para os grandes centros urbanos, fez com que a humanidade perdesse essa noção de como a natureza funciona globalmente e passasse a consumir recursos de forma irracional e insustentável, devido a sua busca incessante por dinheiro.

No entanto, Fuller acreditava que a tecnologia e os recursos que a humanidade dispõe já são suficientes para supri-la com alimentação, casa e transporte. No entanto, ele acreditava que essa revolução não deveria vir pelo controle do pensamento das pessoas por meio de discursos ou de revoluções violentas, como o faziam e ainda fazem muitos chefes de Estado, mas por uma revolução de design.

Tal revolução consistia em propor soluções práticas e sustentáveis como alternativas para os problemas da humanidade, o que faria com que fosse muito mais rápida a adesão da população a um modo de vida sustentável.”

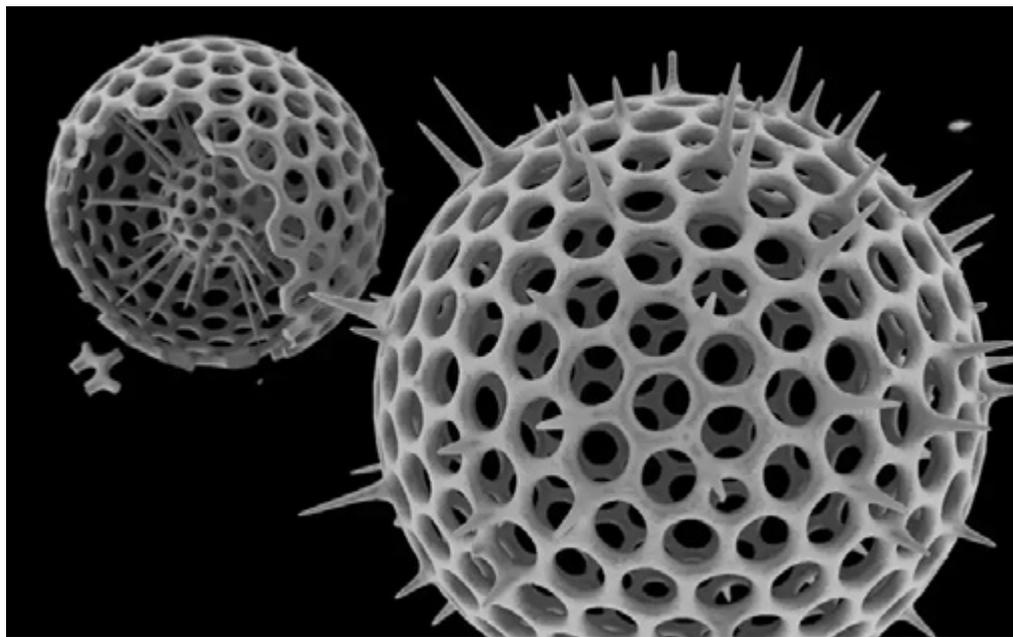
*(<https://papodehomem.com.br/richard-buckminster-fuller-homens-que-voce-deveria-conhecer-7/>)*

Sua pesquisa era em grande parte derivada da observação da Natureza, sendo também um dos pioneiros do Eco-design ou Design Ecológico.

Ele tinha “certeza que a sobrevivência da humanidade depende de toda a nossa vontade de entender com sentimento o modo em que a natureza funciona”

Foi justamente através da observação de bolhas de sabão e principalmente da radiolária (um plâncton marinho microscópico - a forma mais antiga de vida no oceano!), que Fuller se inspirou para desenvolver suas cúpulas geodésicas.

*Imagem: Radiolária*



## A CÚPULA GEODÉSICA QUEBROU RECORDES NOS QUESITOS: SUPERFÍCIE COBERTA, VOLUME FECHADO E VELOCIDADE DE CONSTRUÇÃO.

“ Fuller defendeu a revolução da ciência do design como uma alternativa à política, buscando otimizar os recursos planetários em benefício de 100% da humanidade. Ele cunhou o termo sinérgica para explicar como a ciência do design poderia gerar retornos ricos, como a forma como a ‘renda energética’ poderia ser extraída do meio ambiente. Sua principal premissa era que a ordem existente e onipotente da natureza deve ter permissão para guiar os projetos humanos, se quiserem sobreviver e prosperar como espécie. Ele escreveu que a humanidade estava se aproximando de seu teste crítico como uma espécie, na qual seria determinado se o homem era ou não um erro da natureza ou sua maior realização. Esse senso de urgência para a revolução da ciência do design se refletiu em numerosos escritos” (Wikipédia)

Uma de suas máximas era a idéia de oferecer “mais e mais apoio à vida para todo o mundo, com cada vez menos recursos”ou seja, de desenhar soluções criativas através da otimização de recursos, aliada a soluções tecnológicas de baixo custo. Algo muito parecido com o que a Permacultura, de Bill Mollison e David Holmgren,

e o conceito de Sintropia da Agricultura Sintrópica de Ernst Gotsch, propõem hoje em distintos campos de atuação.

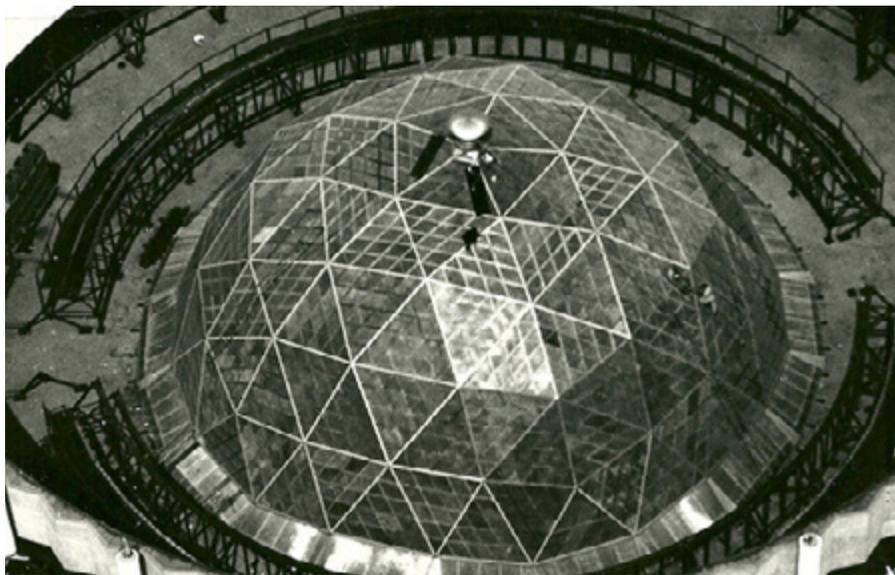
Bucky foi o precursor da Ciência do Design, ao qual ele chamava de “Comprehensive Anticipatory Design Science” (algo como Ciência Abrangente do Design Antecipatório)

“Fuller propunha uma maneira de pensar que unia a arte e a ciência buscando nessa fusão um terceiro caminho que levasse os tecnólogos a pensar como os Poetas e os Artistas no sentido de mudar a percepção que as pessoas tinham do planeta Terra.

Pela primeira vez surge o termo Design Science para descrever a nova maneira de agir e projetar onde a efetiva aplicação dos princípios da ciência para um Design consciente do nosso ambiente global faria que as finitas reservas da Terra encontrassem as necessidades do ser humano sem corromper os processos ecológicos do Planeta.”

*([http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2738/1/DISSERTA%C3%87%C3%830\\_EstruturaGeod%C3%A9sicasEstudos.PDF](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2738/1/DISSERTA%C3%87%C3%830_EstruturaGeod%C3%A9sicasEstudos.PDF))*

Fuller tinha uma grande oratória aliada a uma capacidade de autopromoção e marketing pessoal, sendo que através de seu discurso visionário atraiu milhares de pessoas interessadas em suas cúpulas geodésicas. Um de seus grandes momentos de sucesso foi a realização dessas Cúpulas em escala industrial pela primeira vez em 1953, para a Ford Motors – Uma geodésica de 28,3 metros de diâmetro feita de alumínio e cobertura de plástico, cobrindo um edifício da fábrica!



*Cúpula fabricada para a Ford Motors*

Seguiu-se daí uma série de grandes cúpulas, algumas famosas até hoje, como a “Biosfera Montreal” em Quebec, Canadá, o primeiro Mega Domo do mundo com 76 metros de diâmetro e 61 metros de altura.



A cúpula foi adotada com sucesso para usos especializados, sendo construída para estações de radar, auditórios, observatórios meteorológicos, instalações de armazenamento, dentre outras inúmeras utilizações, demonstrando assim uma de suas maiores virtudes: A grande variedade de utilizações e possibilidades.

*Cúpula “Biosfera Montreal”, no Canadá (Wikimedia Commons)*

Em 1975, uma cúpula foi construída no Polo Sul, onde a resistência à neve e às severas cargas de vento é extremamente fundamental.



*Foto: construção do primeiro domo no Pólo Sul*

Em 2000, o primeiro hotel de cúpula geodésica totalmente sustentável do mundo, o EcoCamp Patagonia, foi construído na Patagônia Chilena,, inaugurando no ano seguinte, em 2001. O desenho dos domos do hotel é a chave para resistir aos fortes ventos da região e é baseado nas habitações da região dos indígenas Kaweskar .



*Foto: Hotel Ecocamp na Patagônia, Chile (Fonte: TripAdvisor)*



*Radomes (domos de radar) no Centro de Operações de Segurança de Misawa, Misawa, Japão. (Wikimedia Commons)*

## CONTRACULTURA, HIPPIES E COMUNIDADES ALTERNATIVAS

**“Contracultura é um movimento que teve seu auge na década de 1960, quando teve lugar um estilo de mobilização e contestação social, utilizando novos meios de comunicação em massa. Jovens inovando estilos, voltando-se mais para o anti-social aos olhos das famílias mais conservadoras, com um espírito mais liberal, resumido como uma cultura underground, cultura alternativa ou cultura marginal, focada principalmente nas transformações da consciência, dos valores e do comportamento, na busca de outros espaços e novos canais de expressão para o indivíduo e pequenas realidades do cotidiano.”**

*(Wikipédia)*

As informações sobre como fabricar Cúpulas Geodésicas foram por muitos anos guardados como segredos pelos militares americanos. Mas por volta de 1966, a revista **Popular Science Monthly** publicou várias informações sobre geodésica que não pertenciam ao círculo dos licenciados Fuller. (página 57, edição de 1976). Outras tabelas ficaram disponíveis com a publicação de alguns livros sobre o assunto.

Apesar de Fuller ter voltado seus projetos para grandes corporações (pois precisava financiar suas idéias), trabalhando em super projetos com um grande capital investido, suas idéias e principalmente seu principal artefato, as cúpulas geodésicas, se espalharam de forma impressionante entre o movimento de Contracultura dos anos 60 e 70. E foi exatamente no seio desse movimento cultural rebelde que surgiu a idéia de “Faça Você Mesmo” o seu próprio domo!



**“Por conta de suas críticas radicais às ordens estabelecidas da arquitetura, da tecnologia e da sociedade, Fuller se transformou em um dos heróis dos estudantes de arquitetura rebeldes dos anos 1960.”**

*Reyner Banham*

Proliferaram-se então diversos experimentos de geodésicas, muitas feitas com baixíssimo custo, materiais locais, reaproveitados e de fácil acesso. Esse período representa um grande laboratório de cúpulas geodésicas, onde os diversos tipos de experiências com diversos tipos de materiais para fabricação desses domos, assim como seus elementos adjacentes, como coberturas, portas, janelas, sistemas de ventilação e adaptações às mais variadas possíveis, tiveram liberdade (e muitas vezes ousadia) para comprovar suas devidas eficiências (ou ineficiências).

“A partir dos conceitos ecológicos e sustentáveis das cúpulas, a vanguarda cultural da época passa a adotar este modelo como uma nova forma de vida aliando esta arquitetura e engenharia alternativa a uma nova maneira de viver e pensar. São conhecidos e amplamente divulgados os exemplos das comunidades hippies que nos anos 60 se reuniam em locais distantes das cidades a fim de elaborar os conceitos filosóficos e praticar a ‘nova consciência.’”

([http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2738/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_EstruturaGeod%C3%A9sicasEstudos.PDF](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2738/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstruturaGeod%C3%A9sicasEstudos.PDF))

Uma das mais famosas comunidades da época foi a “Drop City”, uma das primeiras comunidades alternativas rurais dos EUA, fundada em 1965 por estudantes universitários. A comunidade era constituída basicamente por Domos Geodésicos feitos de materiais reciclados, como latarias de carros velhos e vidros de pára-brisa.

O local virou um centro de experimentação arquitetônica e devido a seu caráter revolucionário, atraiu malucos, hippies e visitantes de todas as partes, se tornando um lugar de turismo psicodélico que logo entrou em colapso devido a conflitos entre os participantes da experiência.

Quem quiser conhecer mais dessa história há um interessante documentário sobre Drop City em [www.dropcitydoc.com](http://www.dropcitydoc.com) (em inglês)

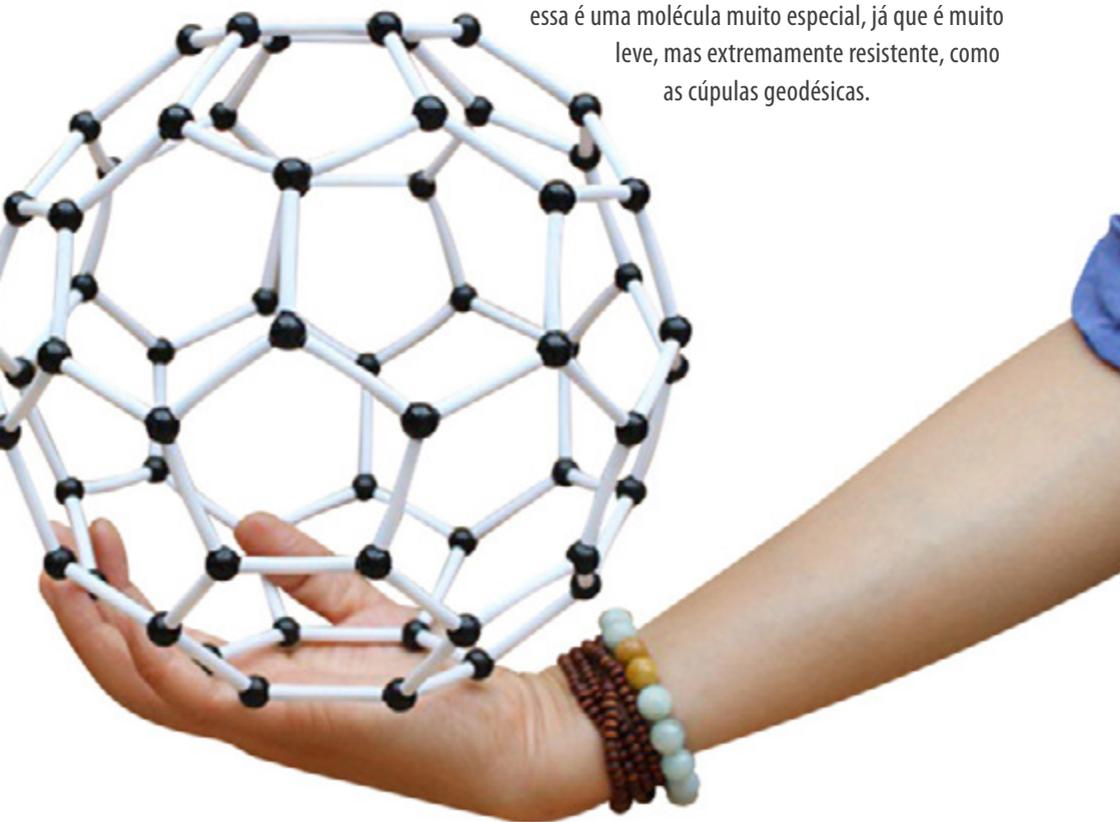


Foto: Cúpulas Geodésica de Drop City

## FULERENOS E CARBONO 60, PADRÃO GEODÉSICO NA NATUREZA

Em 1985, dois anos após a morte de Fuller, foi descoberta uma molécula de Carbono muito especial, que representou uma das maiores descobertas em química do século XX, e rendeu a seus descobridores o Prêmio Nobel de química de 1996. Mas o mais interessante dessa história é que essas moléculas são nada mais nada menos que estruturas geodésicas! e foram batizadas de “buckminsterfullerenos”, “bucky-bolas”, ou apenas “fulerenos”, em homenagem à B.Fuller por seu trabalho com as Cúpulas Geodésicas. Desde então, o estudo dos fullerenos e suas aplicações vem ganhando cada vez mais espaço em áreas como a Aeronáutica, a Medicina e Farmacêutica,

podendo representar no futuro uma grande revolução em diversas ciências, pois essa é uma molécula muito especial, já que é muito leve, mas extremamente resistente, como as cúpulas geodésicas.



*Desenhos representando as Moléculas de Fullerenos*

## MAIORES E MAIS FAMOSAS CÚPULAS GEODÉSICAS DO MUNDO



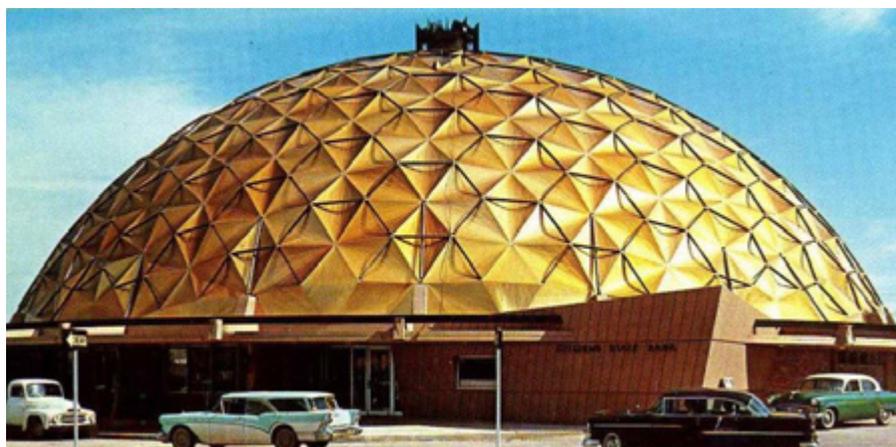
“SpaceShip Earth” Flórida, EUA



“Éden Project” - Reino Unido



"Nagoya Dome" - Nagoya, Japão



"Golden Dome" - Oklahoma, EUA

Teatro-Museu Dalí, Espanha  
(Wikimedia Commons)



## COMPREENDENDO AS CÚPULAS GEODÉSICAS

### O QUE SÃO CÚPULAS OU DOMOS?

Para se entender a definição de Cúpulas/Domos Geodésicas há que primeiramente se compreender o que são Cúpulas e Domos...

- Em arquitetura Domos e Cúpulas referem-se ao mesmo tipo de estrutura
- Todas as Cúpulas Geodésicas são Domos, mas nem todos Domos são Cúpulas Geodésicas.
- De forma bem simplificada, domo ou cúpula representa uma metade ou fração de uma esfera (ou elipsóide).
- “Domus” em latim significa “lar”<sup>1</sup>
- “O termo “cúpula” deriva do italiano cupola com raízes latinas cupella e este do grego kupellon, que significa “pequena taça”. A palavra se relaciona com a forma característica desta cobertura.”<sup>1</sup> que parece uma taça invertida.

No que se refere a estruturas arquitetônicas, Domos ou Cúpulas são estruturas que existem há milhares de anos, sendo que várias civilizações antigas as construíram utilizando diversos materiais. Alguns exemplos são os Yurts mongóis, os Iglus esquimós e as Ocas indígenas. O império romano também fez larga utilização de cúpulas na construção de palácios e complexos termas.

*Cúpula do Taj Mahal, na Índia, uma das mais famosas cúpulas do mundo.*



Hoje em dia existem vários tipos de Domos/Cúpulas, que vão desde construções antiquíssimas feitas com materiais naturais como pedra e terra, a cúpulas hiper modernas, feitas com alta tecnologia e materiais industrializados de “última geração”.



*Cúpula Geodésica coberta com as modernas telhas asfálticas, uma das últimas grandes novidades tecnológicas para cobrir domos.*

## **CURIOSIDADE HISTÓRICA:**

A PRIMEIRA CÚPULA RESIDENCIAL FOI A DE NERO, UM DOS MAIS CONHECIDOS IMPERADORES ROMANOS, E FOI CONSTRUÍDA APÓS O GRANDE FOGO DE ROMA EM 64 A.C.

NO SÉCULO XX, CÚPULAS FINAS DE CONCRETO DE ARQUITETOS COMO PIER LUIGI NERVI ABRIRAM NOVAS DIREÇÕES PARA A ARQUITETURA.

UMA DAS MAIS FAMOSAS CÚPULAS DO MUNDO É A DO TAJ MAJAL, NA ÍNDIA.

## GEOMETRIA, POLÍGONOS E POLIEDROS: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para se iniciar a compreensão de como se criam Cúpulas Geodésicas é necessário, no mínimo, o entendimento básico sobre geometria, principalmente sobre, Polígonos e Poliedros, pois são a partir deles que se formam as Cúpulas Geodésicas.

Primeiro precisamos esclarecer os termos:

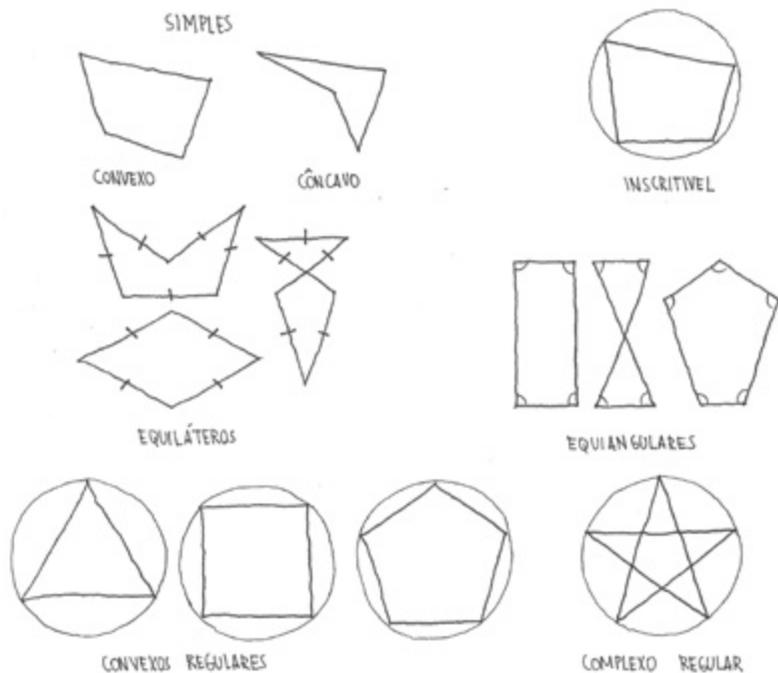
### GEOMETRIA

"A geometria (em grego antigo: geo "terra", metria "medida") é um ramo da matemática preocupado com questões de forma, tamanho e posição relativa de figuras e com as propriedades dos espaços."(Wikipédia)

### POLÍGONO

"Em geometria, um polígono é uma figura com lados, fechada. A palavra "polígono" vem da palavra em grego "polígonos" que significa ter muitos lados ou ângulos."(wikipédia)

*Diferentes tipos de polígonos*



**"Onde há matéria,  
há geometria"**

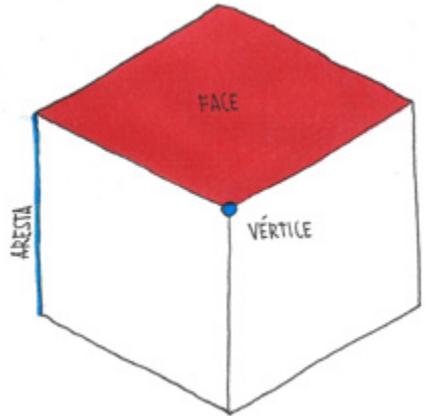
*Kepler.*

## POLIEDRO

Poliedros são sólidos em três dimensões com faces poligonais planas, bordas retas (arestas) e cantos ou vértices acentuados. A palavra poliedro vem do grego clássico, o **poly** ("muitas") + **hedra** ("faces").

**Cubos e pirâmide são exemplos de poliedros.**

Poliedros são sólidos geométricas formadas por três elementos básicos: **vértices**, **arestas** e **faces**. Um poliedro é considerado regular quando suas faces são polígonos regulares e congruentes, ou seja, todas as suas faces são iguais.



### Poliedros Regulares

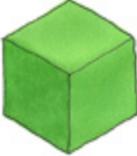
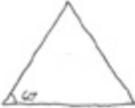
Poliedros regulares são os mais altamente simétricos. No total, existem nove poliedros regulares, chamados de Sólidos Platônicos.

### Sólidos Platônicos

Dentre os poliedros existentes, existem alguns considerados Sólidos Platônicos, pois o filósofo Platão os descreveu (mas não os inventou) cerca de 400 a.c.

Esses Poliedros são chamados de polígonos regulares, pois possuem todas as faces iguais. São Eles:

### SÓLIDOS PLATÔNICOS

<p><b>TETRAEDRO</b> QUATRO LADOS</p> 	<p><b>OCTAEDRO</b> OITO LADOS</p> 	<p><b>HEXAEDRO</b> SEIS LADOS</p> 	<p><b>ICOSAEDRO</b> VINTE LADOS</p> 	<p><b>DODECAEDRO</b> DOZE LADOS</p> 
<p>△ FOGO 4 FACES 4 PONTOS 6 ARESTAS</p>	<p>⊠ AR 8 FACES 6 PONTOS 12 ARESTAS</p>	<p>⊠ TERRA 6 FACES 8 PONTOS 12 ARESTAS</p>	<p>▽ ÁGUA 20 FACES 12 PONTOS 30 ARESTAS</p>	<p>⊠ ÉTER 12 FACES 20 PONTOS 30 ARESTAS</p>
 <p>180° x 4 720° GRÂUS</p>	 <p>180° x 8 1440° GRÂUS</p>	 <p>360° x 6 2160° GRÂUS</p>	 <p>180° x 20 3600° GRÂUS</p>	 <p>540° x 12 6480° GRÂUS</p>

Esses (e alguns outros) poliedros são as “matrizes” para a formação das Cúpulas Geodésicas, sendo possível construir geodésicas a partir de qualquer um deles.

O poliedro mais utilizado para a construção da absoluta maioria das Cúpulas Geodésicas é o ICOSAEDRO (sólido platônico de 20 faces), pois segundo Fuller (e comprovado por outros) é o poliedro que gera a cúpula mais estável e resistente de todas, sendo a mais adequada para construções.

### Icosaedro

Nesse ebook, trataremos somente de geodésicas geradas pelo Icosaedro, justamente por ser o poliedro que gera as melhores geodésicas em termos de estabilidade e resistência, além de ser um poliedro mais que consagrado na construção das mesmas.

## CIÊNCIAS GEODÉSICAS, GEODÉSIA, SISTEMAS GEODÉSICOS E LINHAS GEODÉSICAS

Apesar de nesse ebook, o foco são estruturas Geodésicas arquitetônicas, é necessário compreender as raízes dos termos para se chegar a compreensão do que são Cúpulas/Domos geodésicos e porque levam esse nome. Um dos principais entendimentos é a diferenciação dessas estruturas das chamadas Ciências Geodésicas, das quais de certa forma derivam.

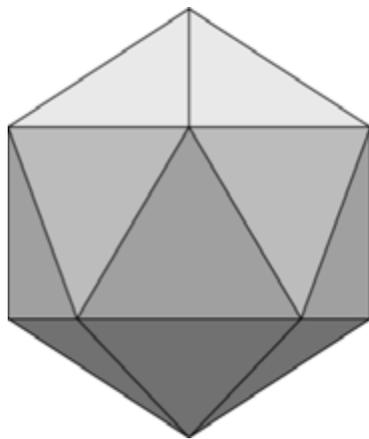


O termo Geodésia (sem o “c” mesmo) foi cunhado por Aristóteles e significa divisões geográficas da terra ou ato de dividir a terra.

A palavra Geodésica provém do termo Geodesia que é a ciência geológica que trata do tamanho e da forma da terra, em latim é Geôdaisia, significando divisão da terra, onde geo significa terra e daisia significa dividir.

“A geodesia é a ciência que analisa a determinação da forma, das dimensões e do campo de gravidade da Terra. As atividades geodésicas proporcionaram uma revolução na cartografia com a implantação do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

No Brasil, o órgão responsável pelas atividades referentes à geodesia é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que desenvolveu o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), formado pelo conjunto de estações, materializadas no terreno, cuja posição serve como referência precisa a diversos projetos de engenharia (construção de estradas, pontes, barragens, etc.), além de mapeamento, geofísica e pesquisas científicas.”<sup>2</sup>



## Ciências geodésicas

Ciências Geodésicas são um conjunto de disciplinas que permitem fazer medições, análises e representações do espaço geográfico com alta precisão. Estas ciências são a Cartografia, a Topografia, a Astronomia de Posição, a Fotogrametria o Sensoriamento remoto e a Geodesia.

### DEFINIÇÃO DE GEODÉSICA (agora com “c”)

Do ponto de vista prático, na maioria dos casos, a geodésica é a curva de menor comprimento que une dois pontos.

Em uma “geometria plana”, essa curva é uma linha reta, mas em “geometrias curvas”, a curva de menor distância entre dois pontos pode não ser uma reta.

### Linhas Geodésicas

Linha Geodésica é a que define o menor segmento entre dois pontos pertencentes à superfície de uma esfera.

### Malha ou Rede Geodésica

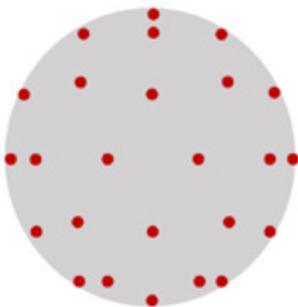
De forma geral é usado para definir uma rede de pontos localizados sobre uma superfície plana ou curva.

Malhas Geodésicas são formadas por uma rede de pontos interligados por linhas retas que por sua vez formam uma rede de polígonos planos interconectados.

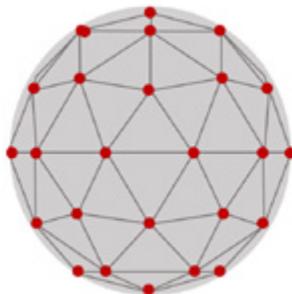
Complicado? Para muitos sim, por isso é melhor desenhar...

### MALHA GEODÉSICA SOBRE UMA SUPERFÍCIE ESFÉRICA (CURVA)

1. Esfera com rede de pontos



2. Esfera com pontos conectados por linhas retas



3. Polígonos na trama



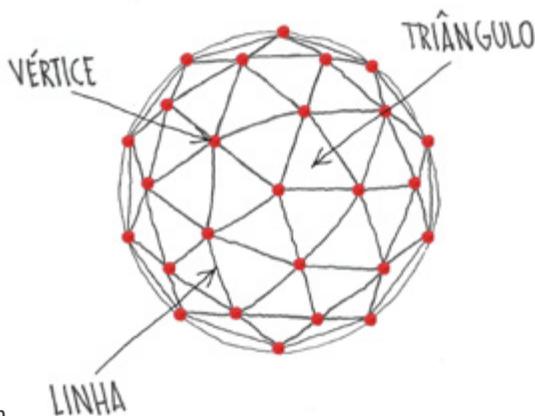
## ENTÃO, AFINAL, O QUE SÃO DOMOS/CÚPULAS GEODÉSICAS?!

Depois do entendimento dos termos acima descritos, fica muito mais fácil agora, entender o que são Estruturas Geodésicas. Se caracterizam por uma rede de pontos interligados por linhas retas, que formam uma rede de polígonos planos interconectados e circunscritos dentro de uma “esfera imaginária” onde todos os seus vértices a tocam.

O triângulo é o polígono mais comum na formação dessas estruturas.

Sua elaboração se dá a partir de um poliedro matriz (também chamado de “geode”) que pode apresentar inúmeras subdivisões que são responsáveis por sua vez, pela formação das linhas e interseções desses elementos.

O poliedro matriz mais comum na criação de estruturas geodésicas é o Icosaedro (Poliedro de 20 lados iguais), mas é possível se fazer geodésicas derivadas de outros poliedros também.



*Rede de Pontos conectados por linhas retas*

### POLIEDROS GEODÉSICOS

Os poliedros geodésicos, são sólidos gerados a partir da subdivisão de um poliedro principal, no qual seus vértices estão circunscritas dentro de uma “esfera imaginária”, ou seja, todas os seus vértices “tocam” a superfície dessa esfera.

## DEFINIÇÃO FINAL:

Cúpulas Geodésicas são construções derivadas de alguns Poliedros e suas subdivisões, sendo que todos os vértices desses poliedros sempre estarão circunscritas dentro de uma esfera ou elipsóide imaginária, que por sua vez lhe confere o formato peculiar. Sua estrutura geralmente é formada por uma trama de polígonos interconectados, sendo o triângulo sua célula básica mais comum. Estas cúpulas são espaços de proporções harmoniosas, utilizadas para construções de caráter arquitetônico com os mais diversos propósitos.

**“Cerca de 300.000 domos geodésicos foram construídos em todo o mundo. Podem ser utilizados para muitas utilizações: locais públicos (museus, locais de exposição, teatros, locais de desporto ou de formação ...), centros comerciais, estruturas temporárias (fóruns, exposições, apresentações, tendas colectivas ou individuais ...) , habitações coletivas (expedições científicas ...) , estruturas para uso técnico, vários abrigos (armazéns, galpões, garagens, coberturas de tanques, abrigos de jardim), e até habitações privadas.”**

*(wikipédia)*

## CONSTITUIÇÃO DOS DOMOS GEODÉSICOS

Sua estrutura básica é formada por apenas 2 elementos:

- Barras e Conexões (ou Nós, como também são chamados)

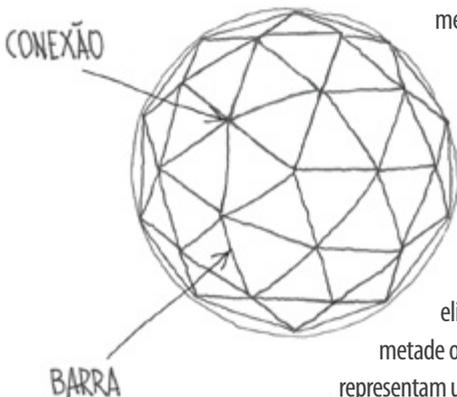
Dependendo da finalidade a que vai ser construída ela pode apresentar inúmeros outros elementos, como fundações, pisos, portas, janelas, instalações elétricas e hidráulica, dentre outros elementos possíveis. Sendo o principal elemento adicional, presente em geodésicas fechadas, a cobertura, que pode ser de diversos materiais como lonas, ferrocimento, palhas, telhas asfálticas, etc.

As linhas retas das cúpulas geodésicas são chamadas de barras (formadas geralmente por materiais estruturalmente leves e rígidos como bambu, madeira, pvc, tubos de metal, dentre outros) e os vértices

são conexões ou nós (formados por materiais como madeira, metal, pvc, tubos plásticos, cordas, dentre outros) onde se conectam essas barras, formando assim o domo ou cúpula geodésica.

Geralmente as Cúpulas Geodésicas são formadas por apenas 1 tipo de barra e 1 tipo de conexão, mas também é possível ter vários tipos em uma mesma Cúpula.

As Geodésicas arquitetônicas podem ser esferas ou elipsoides inteiras ou frações delas (como por exemplo metade ou 5/9). Domos ou cúpulas geodésicas geralmente representam uma fração da esfera.





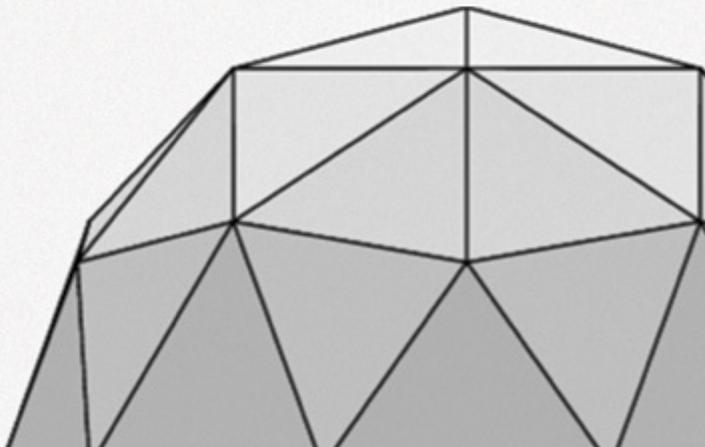
# CURSO ONLINE DE CÚPULAS GEODÉSICAS

INSCRIÇÕES ABERTAS

Esse é um treinamento inédito no mundo, sendo o curso mais completo sobre o tema já oferecido, permitindo que você construa Domos Geodésicas com inúmeras características e possibilidades, contando com todo o suporte para tirar suas dúvidas , além de inúmeros bônus gratuitos.

**GARANTA SUA VAGA!**

[geodesica.amerindia.eco.br/curso](http://geodesica.amerindia.eco.br/curso)



## GEOMETRIA DAS CÚPULAS GEODÉSICAS

### A “ESFERA IMAGINÁRIA” E A FORMAÇÃO DA GEODÉSICA

Há uma “idéia” presente na concepção das cúpulas geodésicas, que é puramente imaginária. Presume-se que todos os sólidos platônicos e arquimedianos estão circunscritos (dentro) de uma “esfera imaginária”, sendo que todos os seus vértices tocam a superfície dessa “esfera”. Esse conceito é bem importante no entendimento de como se formam as cúpulas geodésicas, pois como vimos a palavra Geodésica tem a ver com o formato da Terra (que não é esférica coisa nenhuma, e sim geóide... mas vamos imaginar que seja esférica :D .

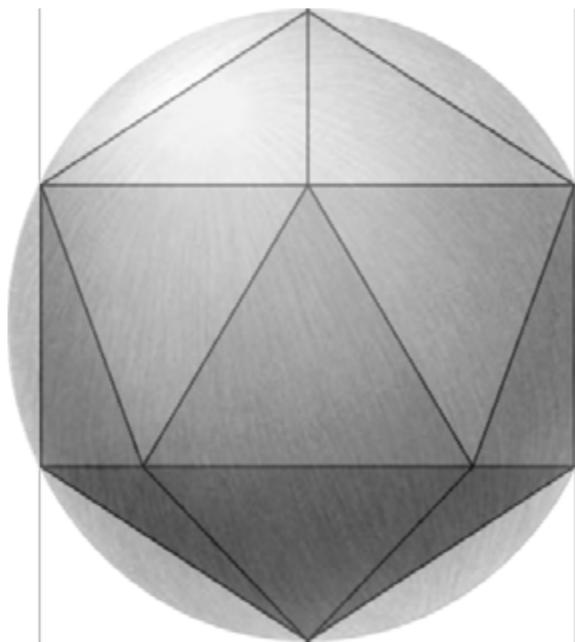
Portanto, para ilustrar como se formam as geodésicas, vou tirar uma licença poética e criar uma história completamente fictícia, mas que vai ajudar a todos entenderem como funciona a sua formação. Mas lembrem-se, essa historinha é apenas ilustrativa!

Suponhamos que existe uma esfera oca e invisível, que tenha um grande poder de atração magnética, como um ímã...

*“Esfera magnética”*

e que lá dentro dessa esfera tem um Icosaedro (poderia ser outros polígonos), que como vimos vai ser nossa referência para geodésicas. Sendo que todos os vértices desse Icosaedro são bolas de ferro e estão tocando a superfície dessa esfera, porque estão sendo fortemente atraídas pelo magnetismo da mesma...

**Imagine essa imagem em 3d e que todos os vértices (ou “pontas”) do icosaedro tocam a superfície da esfera.**



## FREQUÊNCIAS: UM CONCEITO CHAVE

Por incrível que parece esse Icosaedro aí em cima já é considerado uma geodésica (sendo que a esfera é invisível e portanto não faz parte da geodésica). Esta é uma geodésica de Frequência 1, a mais simples e menos arredondada das frequências geodésicas.

### Mas o que são estas tais frequências?

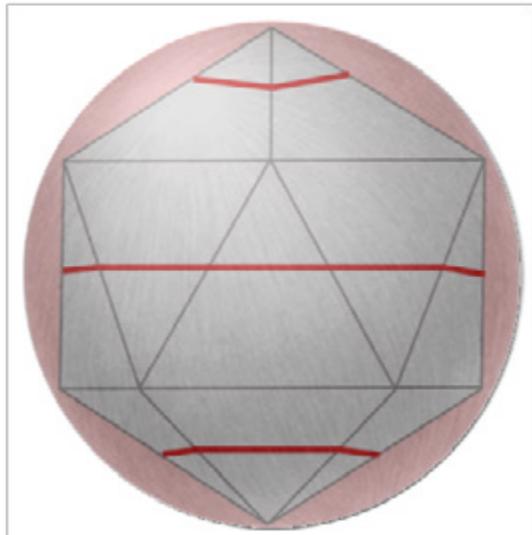
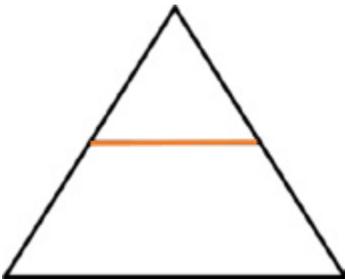
Frequência refere-se ao número de subdivisões às quais as faces do poliedro matriz (nesse caso o icosaedro) da geodésica é submetido, gerando assim novos triângulos menores dentro destas faces. As subdivisões dos poliedros matrizes por sua vez geram os POLIEDROS GEODÉSICOS, que são os sólidos com os quais se criam diretamente as Cúpulas geodésicas.

**O icosaedro na imagem anterior não sofreu nenhuma subdivisão ainda e portanto é chamado de FREQUÊNCIA 1.**

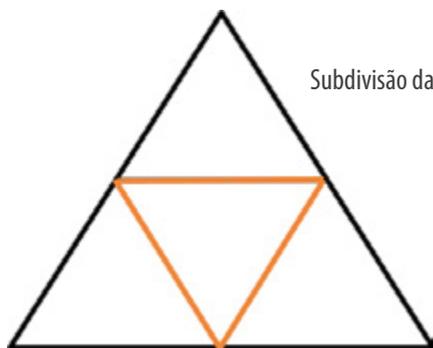
Vamos imaginar agora que os triângulos do Icosaedro, que está dentro dessa esfera, vão ser todos divididos.

É possível dividir esses triângulos de diversas formas, mas nesse ebook, vamos focar apenas, no método clássico, chamado de “classe I”, utilizado na absoluta maioria da geodésicas.

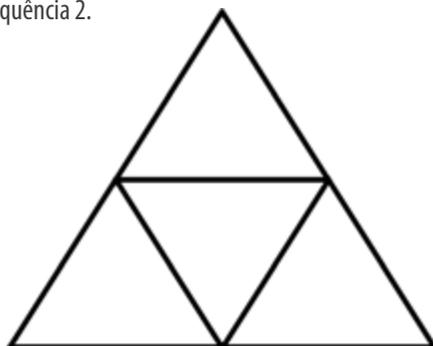
Primeiro vamos dividir todos os triângulos do icosaedro ao meio dessa forma. Mais ou menos assim...



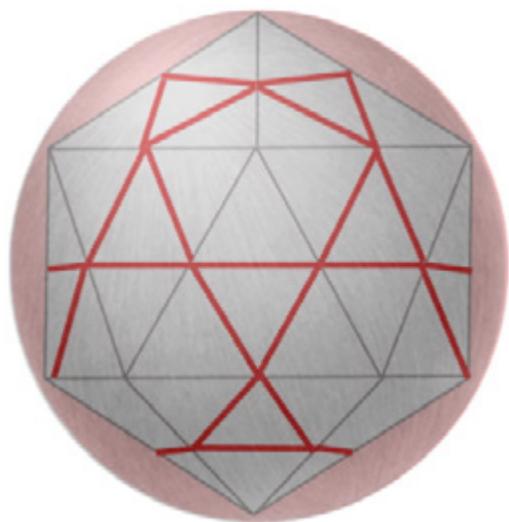
Essa subdivisão ao meio, dividiu todos os triângulos do Icosaedro em 2 partes. Mas não pára por aí... Como vimos anteriormente, somente o triângulo é estrutural e na imagem temos as faces do Icosaedro formada por 1 triângulo e 1 trapézio, ou seja, temos que transformar esse trapézio em triângulos. Para completar a subdivisão da frequência 2, precisamos transformar todas as faces do triângulo subdividido em triângulos menores e iguais.



Subdivisão da frequência 2.



Cada face irá ficar com 4 triângulos e o icosaedro ficará com 80 triângulos menores no total.



Ficará algo parecido com isso.

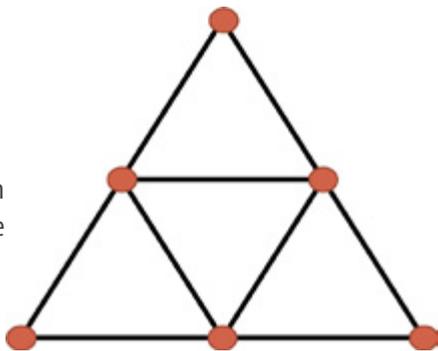
Agora, com esses novos triângulos menores que estão dentro do triângulo maior do Icosaedro surgiram também novos vértices nos triângulos menores, mais precisamente 3 em cada face ou 42 no total do Icosaedro.

**Imagine então, que vamos colocar uma bola de ferro em todos esses vértices.**

## Então chegou o grande momento!

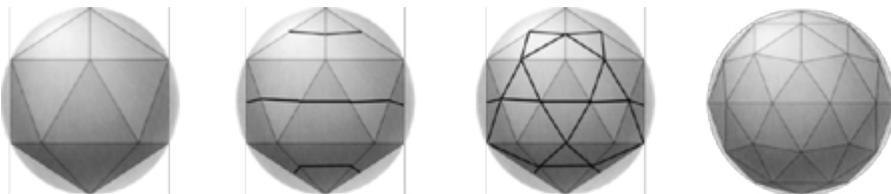
Agora imagine que se a esfera é altamente magnética e os vértices dos triângulos são bolas de ferro...

Essas bolas serão fortemente atraídas até colarem na superfície da esfera, alterando completamente o formato do icosaedro, transformando-o em uma **GEODÉSICA FREQUÊNCIA 2**.



O Icosaedro se transformou em uma geodésica frequência 2!

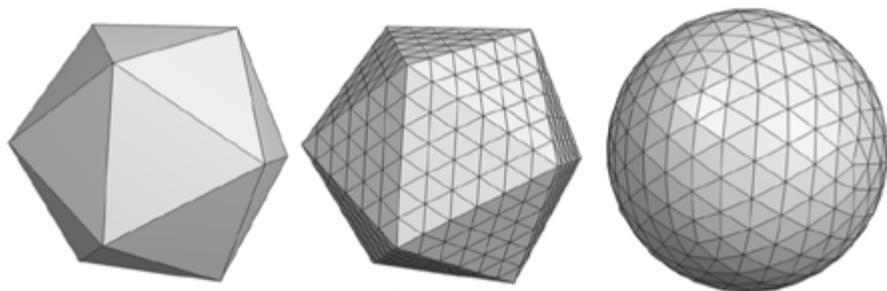
**Detalhe** da transformação dos triângulos, que tiveram seu vértices “colados” na esfera imaginária, fazendo com que os triângulos de certa forma se “dobrassem”...



*Transformação de um icosaedro em uma geodésica frequência 2.*

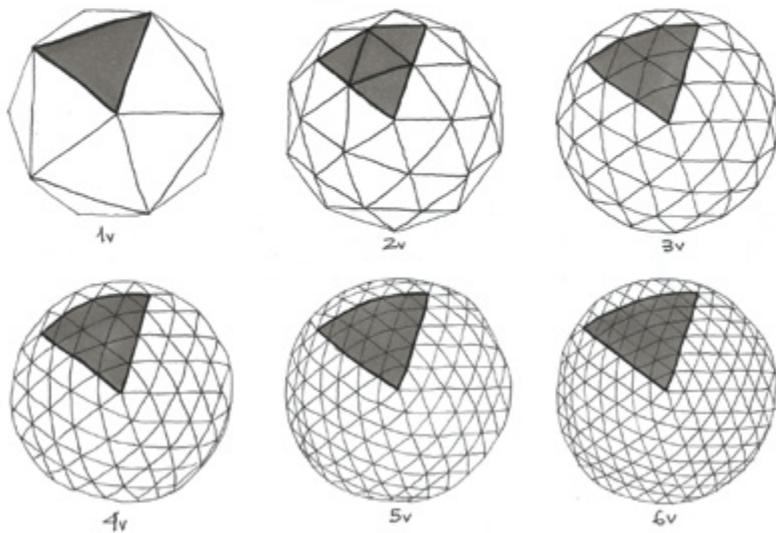
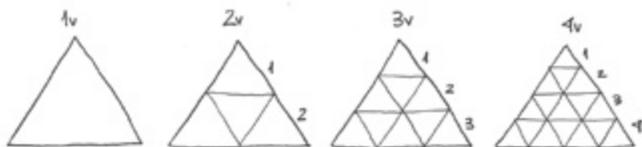
## AGORA SIM! TUDO FICOU FÁCIL DE ENTENDER!

E assim sucessivamente ocorre com todas as frequência, 3, 4, 5, 6 ... até a frequência infinita...  
 QUE É A PRÓPRIA ESFERA!



*Transformação de um icosaedro em uma geodésica frequência 6*

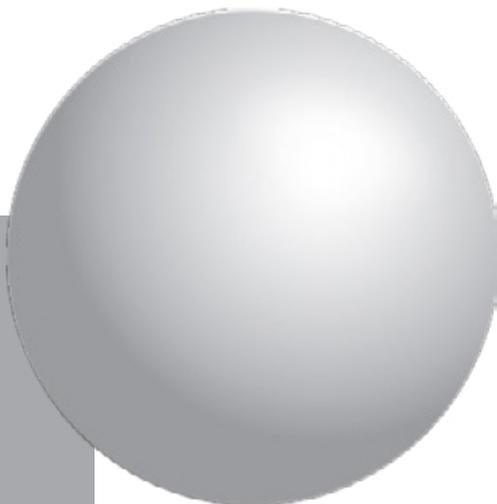
Utiliza-se a letra "v" para simbolizar a frequência. Portanto 1v é frequência 1 ; 2v frequência 2 e assim por diante.



Essa esfera é uma GEODÉSICA DE  
FREQUÊNCIA INFINITA!

Agora ela pode existir!

**QUANTO MAIOR A  
FREQUÊNCIA = MAIOR  
O NÚMERO DE BARRAS  
= MAIOR O NÚMERO  
DE CONEXÕES = MAIS  
RESISTENTE = MAIS  
ARREDONDADA = MAIS  
TRABALHO = MAIS \$**



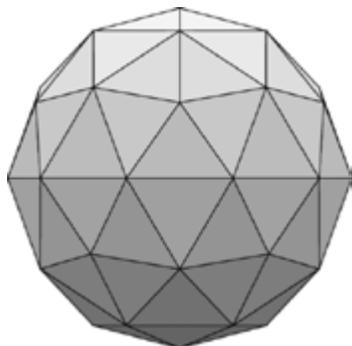
*Exemplo didático de diferentes frequências em uma mesma Geodésica*



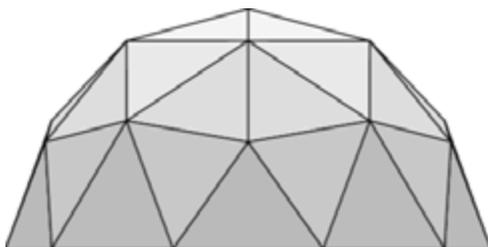
## DIVIDINDO A GEODÉSICA PELA METADE OU EM FRAÇÕES

**As cúpulas completas devem ser chamadas na verdade de “esfera geodésica”, e a designação de “cúpula geodésica” ou “domo geodésico” deve ser reservada para cúpulas incompletas (metade ou frações).**

Para a construção de Cúpulas Geodésicas, geralmente é necessário dividi-la ao meio ou em uma fração do todo, construindo assim, apenas uma parte de sua totalidade. Isso se deve ao fato de que cúpulas inteiras são mais difíceis de adaptarem para a realidade das construções, onde é necessário um piso plano, para a realização da maioria das nossas atividades comuns. Portanto, Cúpulas Geodésicas, em sua grande maioria, são apenas uma parte do polígono da qual foi gerada.



*Geodésica frequência 2 INTEIRA*



*Cúpula: Metade ou fração de uma Geodésica  
(neste caso uma frequência 2)*



## CONSTITUIÇÃO FÍSICA DAS CÚPULAS GEODÉSICAS

As Cúpulas Geodésicas são formadas basicamente por 2 elementos principais: barras e conexões (ou nós)\*, sendo que de acordo com cada tipo projeto, podem existir inúmeros outros elementos que fazem parte da mesma como por exemplo a cobertura, presente em todas as geodésicas fechadas.

**\*Também é possível construir geodésicas, somente com barras, sem conexões.**

### AS BARRAS

São os componentes que formam as arestas dos triângulos e são fixados às conexões nas Cúpulas Geodésicas. Sua função estrutural é receber e transmitir os esforços de tração e compressão que a estrutura sofre para às conexões.



Já foram feitas geodésicas com barras de inúmeros materiais, desde os mais tradicionais como tubos de alumínio, madeira, PVC e barras de ferro a materiais nada convencionais, como bambu, tubos de papelão, cabos de vassoura, etc. Em diversas partes do mundo ainda se fazem diversos experimentos com vários tipos de barras.



*Barras em Madeira roliça*



*Barras em madeira serrada*



*Barras em papelão*





*Barras em tubos metálicos*



*Barras em PVC*



*Barras em Bambu*

## CONEXÕES OU NÓS

Os vértices de uma Cúpula Geodésica são chamados de Conexões ou Nós e são os pontos mais especiais da estrutura, pois nelas reside todo o segredo da fabricação das geodésicas. Esses são os pontos onde todas as cargas da estrutura e de forças externas convergem.

Basicamente, para projetar cúpulas geodésicas você terá que aprender a projetar conexões que suportem os esforços que acontecerão na estrutura, ou seja, quanto mais esforços uma geodésica receber, mais resistente tem que ser as conexões. Por exemplo: uma geodésica coberta por uma lona, não necessariamente necessita de uma conexão muito resistente, já uma geodésica que vai receber uma cobertura pesada com placas de ferrocimento pré-moldadas, terá que necessariamente possuir uma conexão mais resistente.

Existem inúmeras possibilidades de conexões para geodésicas, das mais *high tech*, com tecnologia avançada de engenharia, impressoras 3d, cortes a laser, etc... às semi-industriais e artesanais, que podem ser feitas por profissionais como serralheiros (conexões de metal) ou marceneiros (conexões de madeira) e também é possível fazer conexões 100% artesanais, no estilo FAÇA VOCÊ MESMO, que vão desde conexões para quem já domina certas ferramentas e matérias primas, até conexões que qualquer adolescente comum consegue fazer dentro do próprio quarto ... **A criatividade é o limite!**

**As conexões podem ser de inúmeras formas, sendo as mais comuns as “articuladas” e as “fixas”.**



*Exemplo de conexão articulada*

Há também geodésicas que dispensam conexões, algumas de madeira são muito comuns em outros países. No Brasil, foi desenvolvido pelo LILD (Laboratório de Investigação em Livre Desenho) da PUC Rio, um sistema chamado de “giro”, utilizando um método de “vigas recíprocas”.



*Método sem conexão*



*Método de Conexão plana (sem angulação) e barras flexíveis (repare as barras fazem curvas)*



*Exemplo de conexão fixa*



*Método de vigas recíprocas ou “giro”, desenvolvido no Brasil.*



## COBERTURAS

Existem inúmeras possibilidades de se cobrir geodésicas, das mais baixo custo e de baixa tecnologia às mais caras com alta tecnologia. Essas coberturas têm que possuir a capacidade de se adaptar ao formato esférico da geodésica e portanto telhas convencionais não se adaptam a elas. A escolha da cobertura vai depender da finalidade a que vai ser utilizada, por exemplo, estufas precisam de lona transparente ou vidros, enquanto um observatório na Antártida precisa de uma cobertura altamente resistente à tempestades de neve...

As coberturas mais comuns para Cúpulas Geodésicas são:

- Lonas
- Telhas Asfálticas
- Palhas
- Ferrocimento
- Policarbonato
- Vidros
- Madeira fenólica resinada
- Chapas metálicas



*Cobertura em chapas de madeira*



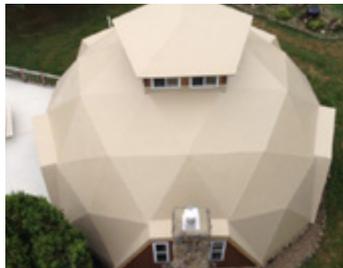
*Cobertura em Lona Plásticas transparente*



*Cobertura em Ferrocimento*



*Cobertura com Telhas Asfálticas  
(Wikimedia Commons)*



*Cobertura em gesso*



*Cobertura com Lonas de  
Banners reciclados*



*Cobertura em Lona PVC*



*Cobertura em Piaçava*



*Cobertura em chapas metálicas recicladas de ferro velho*



*Cobertura de Papelão*



*Geodésica em Vidro (Wikimedia Commons)*



*Geodésica em Vidro + Telhado Verde*



*Fardos de Palha e Barro estabilizado  
(Wikimedia Commons)*



*Chapas Metálicas (Wikimedia Commons)*



*Wikimedia Commons*

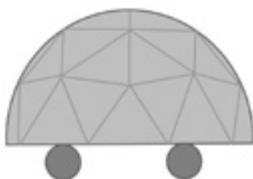
## O INTERIOR DOS DOMOS



*Visão 360° (Wikimedia Commons)*

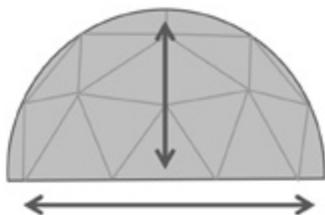
## PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS

Domos geodésicas possuem incríveis propriedades e benefícios, as quais serão elencadas a seguir:



**CONSTRUÇÃO RÁPIDA, LIMPA E DE FÁCIL TRANSPORTE:** As cúpulas são uma das estruturas mais rápidas de se fabricar que existem. Em sua fabricação gera-se uma quantidade muito pequena de resíduos que podem ser 100% reciclados (dependendo do material) e também podem ser facilmente transportadas, já que sua trama quando desmontada ocupa pouquíssimo espaço, comparada com outras construções convencionais.

**ECONOMIA NOS CUSTOS INICIAIS DA OBRA:** Precisam de pouca cimentação, e uma fundação mais simples, reduzindo custos no início das construções. Sua área de superfície da estrutura é reduzida requer menos materiais de construção.



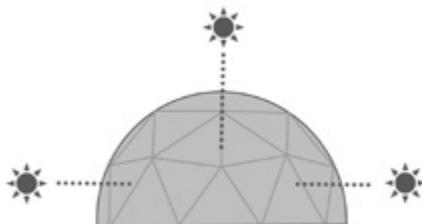
**VÃO INTERNO LIVRE:** Possuem a capacidade de se construir o maior vão livre possível com a menor quantidade de material.

**ALTA RESISTÊNCIA A VENTOS FORTES, TEMPESTADES, TSUNAMIS E TERREMOTOS:** É uma das estruturas mais estáveis e resistentes desenvolvidas pelo homem. Há registros de Cúpulas geodésicas que resistiram à diversas catástrofes e extremos climáticos.

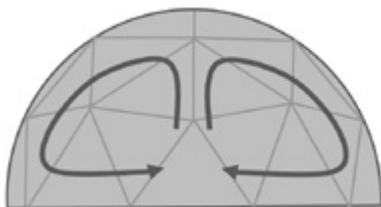


**SENSAÇÃO DE BEM-ESTAR E ACOLHIMENTO:** devido ao formato que lembra um útero/barriga materna

**ÓTIMO COLETOR SOLAR PARA ESTUFAS:** devido a seu formato esférico, independente de onde esteja o sol, ela consegue captar o calor de forma extremamente eficiente.

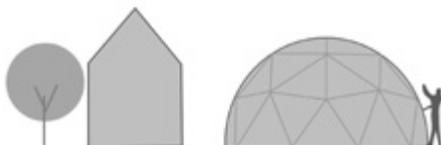


**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:** As cúpulas cobertas e bem projetadas, possuem uma excelente climatização devido ao seu formato esférico e circulação livre de ar em seu interior, gerando um processo de “homeostase” climática, ou seja, sempre regula a temperatura em seu interior de forma a equilibrá-la. É muito mais fácil aquecer ou resfriar também um domo em períodos mais frios ou quentes, pois o calor e o frio se distribuem de forma uniforme por todo espaço. Pode-se economizar em torno de 30% com aquecimento e resfriamento dessa forma.

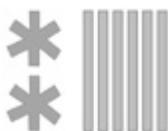


**ACÚSTICA EXCELENTE:** a reverberação do som em seu interior é muito boa, devido a seu formato esférico, sendo o centro dela o melhor ponto de distribuição desse som. Cúpulas são excelentes para apresentações musicais e teatrais.

**É UMA OBRA DE ARTE ARQUITETÔNICA:** Sua estrutura é de uma incrível e encantadora beleza, gerando padrões geométricos esteticamente belos.



**PODE SER FABRICADA NO QUINTAL OU GARAGEM DE CASA:** Com poucos equipamentos e adequada instrução é possível fabricar suas peças em espaços reduzidos.



**PODE SER COMPRADA COMO UM KIT, PARA MONTAR EM CASA:** é possível comprar a estrutura desmontada e receber as instruções para você mesmo montá-la em seu espaço, de forma segura e eficiente.

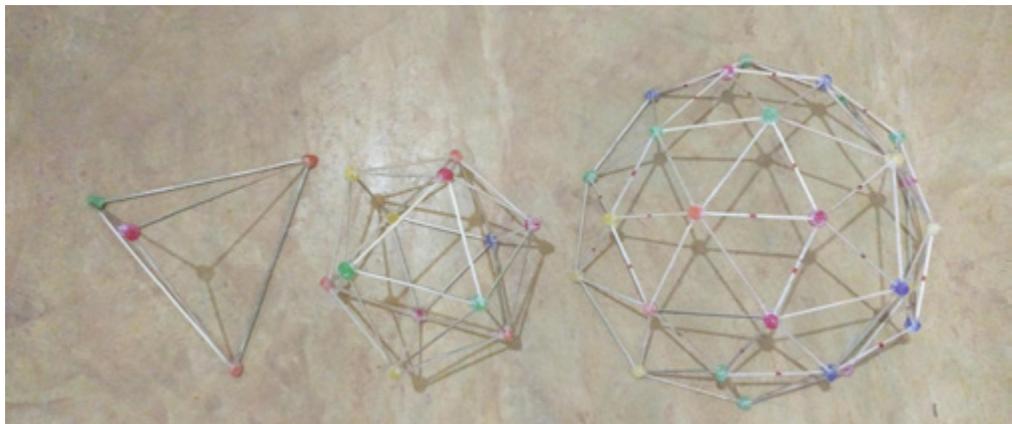


**INTERIOR SEM VIGAS E COLUNAS:** Uma das grandes vantagens dos domos é que eles não possuem obstáculos internos, que poderiam atrapalhar a circulação e visibilidade interna.



**AUTOCONSTRUÇÃO:** É uma estrutura segura que permite que sua fabricação para determinados fins, seja feita por pessoas sem formação em arquitetura ou engenharia

## FAÇA SUA PRÓPRIA MAQUETE GEODÉSICA!



*Tetraedro, Icosaedro (Geodésica frequência 1) e Geodésica frequência 2*

**Nesse ebook, ensinaremos como fazer um minidomo geodésico, de forma bem simples e barata, dentro da sua própria casa, sem fazer bagunça ou ter que manusear ferramentas pesadas.**

Essa experiência é apenas didática e serve para você já ir se familiarizando com os processos de construção de domos maiores e profissionais. Acredite, mesmo sendo pequena, há uma satisfação imensa em fabricar seu próprio domo! O primeiro passo do meu método de construção de geodésicas é exatamente assim, começar pequeno e ir aumentando a escala do tamanho e frequência gradativamente,

ganhando experiência e compreendendo certas coisas que somente a prática permite esclarecer.

Caso você queira avançar nesse processo de fabricação de domos e aprender a fabricar geodésicas com vários tipos de barras e conexões, aprender a calcular qualquer tamanho e frequência corretamente e saber como se colocam, portas, janelas, coberturas, forros, etc, em breve estaremos lançando um Ebook completíssimo, com o passo-a-passo ilustrado e descomplicado de como fazer praticamente qualquer tipo, tamanho e frequência de geodésicas que você quiser!

## FABRICANDO UMA MAQUETE

Para iniciar sua prática na construção de cúpulas geodésicas, é altamente recomendado que você comece fazendo maquetes. Como acredito que todo processo de aprendizagem começa do mais simples e vai crescendo em complexidade rumo ao mais difícil, vou sugerir meu método para construir maquetes da seguinte forma:

- 1 - Construa primeiro uma maquete que chamo Nível 1 dificuldade, de um poliedro fácil de fazer, no caso, sugiro o Tetraedro, assim você já vai pegar o jeito de trabalhar com os materiais sem grandes dificuldades
- 2 - Agora construa uma maquete Nível 2, de uma geodésica Frequência 1, baseada no Icosaedro.
- 3 - Depois Construa uma Nível 3, de uma geodésica Frequência 2, também baseada no Icosaedro.

**Obs: Se você quiser pular direto para o Nível 3, não há problema nenhum, fique à vontade para experienciar seu aprendizado livremente.**

Existem inúmeras formas de se fazer maquetes, das mais simples e rápidas as mais complexas e demoradas; das que utilizam materiais mais naturais e ecológicos, até as que fazem usos de materiais sintéticos e tóxicos. A proposta da Ameríndia é poder além de facilitar a autoconstrução de geodésicas a todos, também incentivar o uso de materiais sustentáveis, por isso vamos oferecer um modelo que considero fácil, rápido e natural de se construir maquetes. Mãos-à-obra...

### MÉTODO DOS PALITOS E BALA DE GOMA (facilimo de fazer)

#### Ferramentas e materias necessários:

Trena ou régua

Estilete

Canetas piloto

Torquês ou alicate

Pistola de cola quente + cola quente (na falta pode usar super bonder)

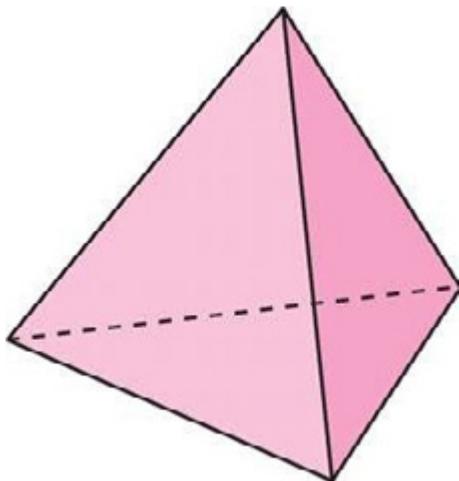
2 pacotes de bala de goma

2 pacotes de palitos de churrasco



## MAQUETE NÍVEL 1 - TETRAEDRO

O tetraedro é um dos sólidos platônicos mais fáceis de fazer maquetes, por isso vamos começar por ele. Todas as suas peças são do mesmo tamanho. Para começar com uma maquete em um tamanho legal recomendo fazer as barras com 20cm.



### Para fazer o Tetraedro você precisará:

- 6 palitos de churrasco (DÊ PREFERÊNCIA AO DE BAMBU) com 30cm cada

- 4 balas de goma

### Passo-a-passo:

1 - Os palitos de churrasco geralmente vem com 30 cm aproximadamente, utilize-os com o tamanho total (apenas confira se estão com o mesmo tamanho)

2 - Separe 6 palitos e 4 balas de goma verifique se estão integras, sem defeitos)

3 - Esses palitos geralmente vêm com uma extremidade com ponta e outra sem. É aconselhável você afinar um pouco mais a ponta que já existe (para entrar mais suave na bala de goma sem danificá-la), assim como fazer uma ponta na extremidade que veio sem. Cuidado apenas para não enfraquecer o palito ao afunilá-lo

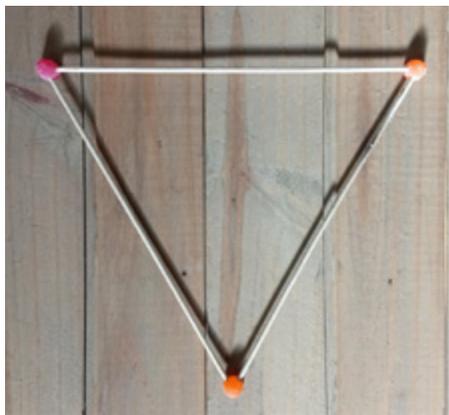
**Dica:** distribua bem as pontas dos palitos ao fincá-los na bala de goma, para que eles não se encontrem dentro da bala. Se puder, faça movimentos giratórios ao inserir na bala, pois assim evita de rachá-la (algo que pode acontecer as vezes e ter que substituí-la)



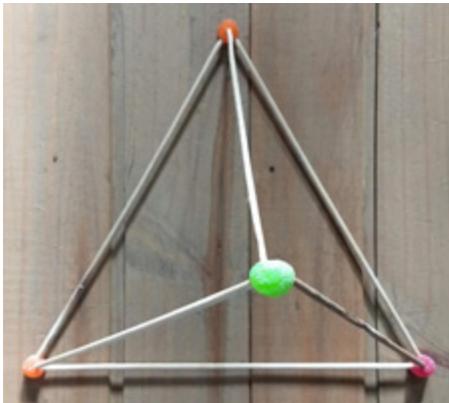
1. Afunilando as pontas



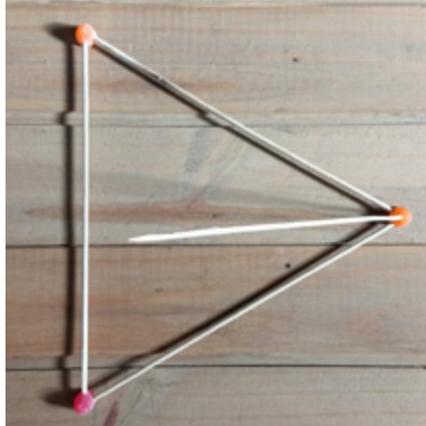
2. Separando os materiais organizadamente



3. Agora chegou a hora de montar. Comece colocando em 1 palito 2 balas de goma (uma em cada extremidade) e depois forme um triângulo com mais 2 palitos e mais 1 bala de goma.



5. Depois coloque uma bala de goma unindo esses 3 palitos em suas extremidades. Está pronto o seu tetraedro.



4. Agora coloque mais 1 palito inclinado para o centro do triângulo em cada bala de goma, inclinadas para cima (aproximadamente 45°)



**Dica:** Para reforçar ainda mais as conexões de bala de goma é aconselhável colar com cola quente, através de uma pistola própria para isso (ela é bem barata). Descobri que a melhor forma de colar é colocar cola quente exatamente onde se encaixou o palito (como na foto abaixo) e depois fazer uma união de todos os palitos através de linhas de cola quente que atravessam a bala, unindo os pontos mais frágeis.

**Esse processo exige um pouco de paciência, mas o resultado compensa, pois a estrutura fica muito firme, podendo receber esforços extra, como quedas e ficar nas mãos de crianças (elas adoram!).**

## MAQUETE NÍVEL 2 - GEODÉSICA FREQUÊNCIA 1 (ICOSAEDRO)

Nossa próxima maquete aumenta um pouco a dificuldade de confecção, mas continua sendo relativamente fácil. Ela é um Icosaedro, que também é uma geodésica frequência 1. Há duas opções para fabricá-lo: uma é o Icosaedro inteiro, outra é o Icosaedro como Domo, onde ele tem apenas  $\frac{2}{3}$  da sua estrutura, que é como se geralmente fazem as geodésicas desse tipo. Nesse caso iremos montá-la dos dois jeitos. Todas as suas peças são do mesmo tamanho.

### Para fazer o Icosaedro você precisará:

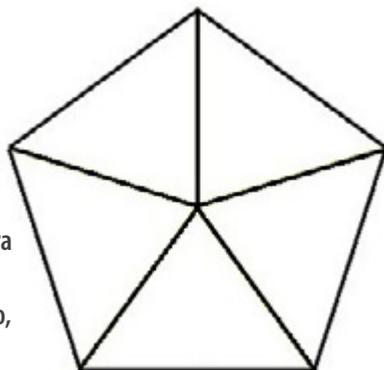
- 30 palitos de churrasco de 15 cm (use a torquês ou o alicate para cortá-los)
- 11 balas de goma

### Passo-a-passo:



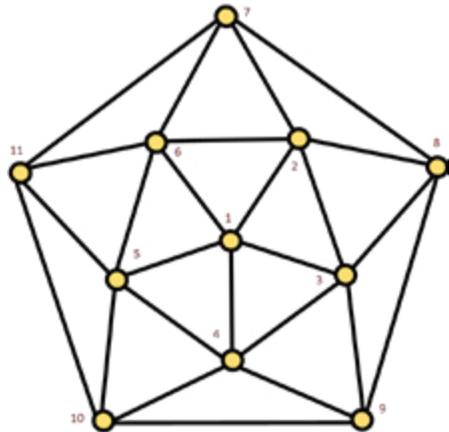
3. Repita o mesmo procedimento acima no pentágono
4. Agora pegue 11 balas de goma e as marque na direção da "estrela" do pentágono
5. Agora vamos montá-la. Para isso vamos usar um mapa de montagem.

**Atenção:** Para executar os furos no local correto das balas vamos usar um gabarito de ângulos, para marcar o local correto que os palitos vão entrar. Para isso vamos usar uma figura de um Pentágono, subdividido igualmente em 5 triângulos iguais.



1. Corte todos os palitos com 15 cm e depois afunile ambas as pontas dos palitos.

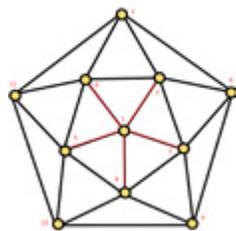
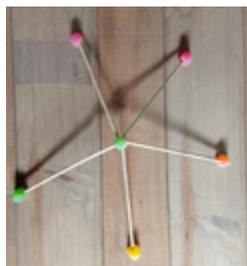
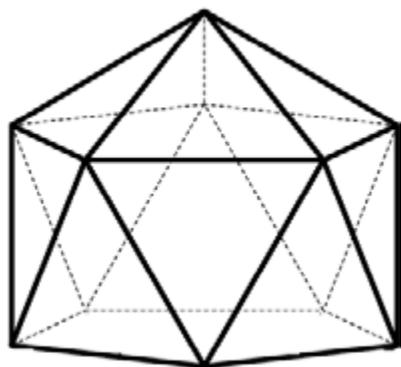
2. Agora pegue uma folha em branco e uma caneta comum ou caneta piloto (melhor), coloque em cima da tela do seu computador ou celular exatamente em cima do pentágono. Você conseguirá vê-lo através do papel. Desenhe somente o centro do pentágono no papel.



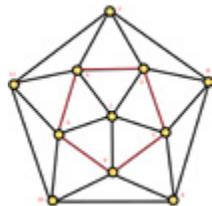
### Mapa de Montagem com ordem numérica de sequência

Esse mapa não representa a imagem real, pois ele foi distorcido para facilitar a visualização.

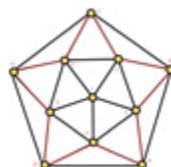
O formato "real" que a estrutura ficará será assim:



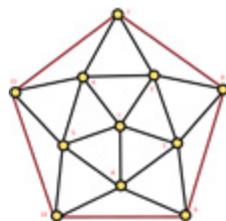
6. Agora vamos montá-la. Pegue 6 balas de goma e 5 palitos. Pegue uma bala e coloque 5 palitos, uma em cada marcação de caneta e depois coloque uma bala em cada extremidade da "estrela" que se formou. Siga a sequência dos números no mapa, representando a colocação das balas.



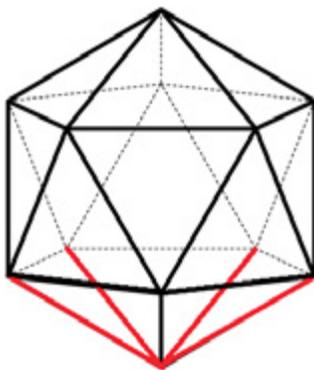
7. Agora pegue mais 5 palitos e ligue as balas das extremidades, formando um pentágono. Siga a sequência de montagem do mapa, através das linhas vermelhas.



8. Agora voltemos ao mapa para seguir a sequência de montagem. Serão mais 10 peças, que descem de cada ponta do pentágono. Reparem que no mapa essas peças parecem sair paralelas ao solo, mas na verdade elas sairão de cada ponta um pouco inclinadas para o lado e totalmente para baixo



9. Por fim conectando as últimas 5 peças do domo frequência 1, ficará assim, sua geodésica



10. Caso você queira fazer o icosaedro inteiro é só colocar mais 5 peças, cada uma saindo de uma das balas da base, e unindo as pontas restantes no centro com mais uma bala, formando mais um pentágono.

11. Passe cola quente se quiser, para reforçar as conexões de bala de goma.

### MAQUETE NÍVEL 3 - GEODÉSICA FREQUÊNCIA 2

Esse é o nível mais difícil dos 3 e exige um pouco mais de paciência, mas ainda assim, considero super fácil de fazer.

Na verdade, para muita gente as geodésicas só existem mesmo a partir da frequência 2, onde começam a adquirir o formato mais esférico.

**Para fazer a Geodésica você precisará:**

- 30 palitos de 13,5 cm
- 35 palitos de 15,5 cm
- 26 balas de goma
- caneta piloto vermelha (pode material que consiga pintar os palitos)



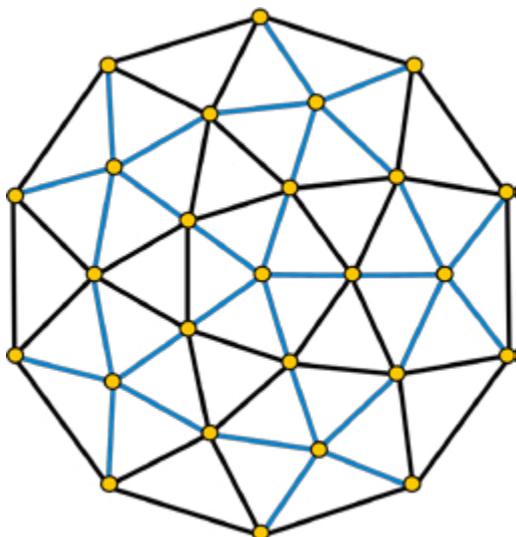
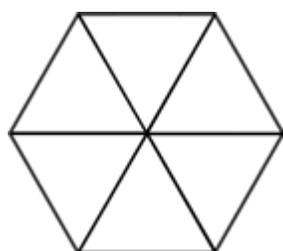
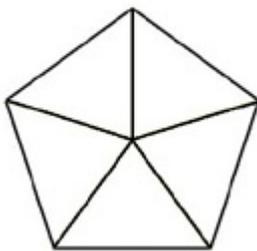
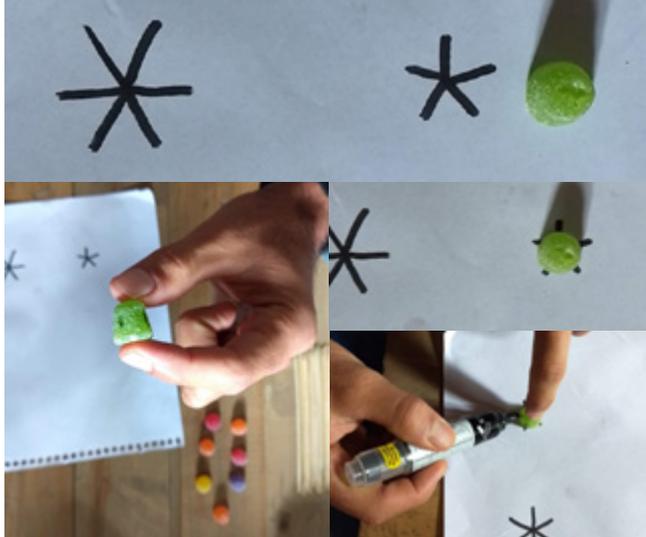
1. Corte os palitos nos tamanhos descritos acima. Primeiro os de 30, separando-os em um canto e depois os de 35 separando-os em outro.

2. Agora com a caneta, marque todos os palitos A com uma listra no meio do palito (veja foto)

3. Agora pegue uma folha em branco e vamos fazer o gabarito de ângulos

**Atenção:** Para executar os furos no local correto das balas vamos usar um gabarito de ângulos, para marcar o local correto que os palitos vão entrar. Para isso vamos usar uma figura de um Pentágono e de um Hexágono.

4. Pegue uma caneta comum ou caneta piloto (melhor), coloque em cima da tela do seu computador ou celular exatamente em cima para ver as figuras. Você conseguirá vê-lo através do papel. Desenhe somente o centro do pentágono no papel.



5. Repita o mesmo procedimento acima no Hexágono.

6. Agora pegue 6 balas de goma e as marque na direção da “estrela” do pentágono

7. Depois pegue 20 balas e as marque em cima do Hexágono nos 6 lugares determinados.

8. Agora vamos iniciar a montagem. Para isso você vai precisar de uma mapa de montagem.

No mapa ao lado, repare que há barras com cores pretas e outras azuis.

**As barras azuis são as peças menores, de 13,5 cm e as chamaremos de barras “a”. As barras pretas são maiores, com 15,5 cm e as chamaremos de barras “b”.**

Para facilitar a identificação é recomendado marcar ao menos um dos conjuntos de barras, como indicado na foto abaixo (no caso marcamos as peças "a" de vermelho, mas você pode marcar de qualquer cor).

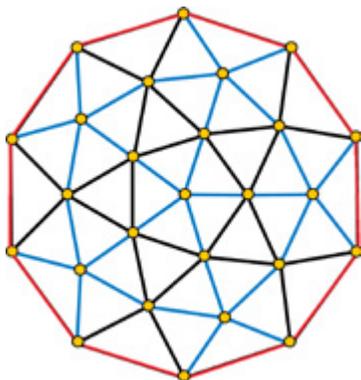
Veja que também as agrupamos com um elástico, para evitar que se misturem durante a montagem, mas com as marcações em pelo menos uma das peças, não é necessário amarrá-los, pois sua identificação é fácil.



### Passo-a-passo:

1. Vamos iniciar a montagem de baixo para cima, pois assim é mais fácil nesse caso. Para isso pegue 10 palitos "B" (os maiores, com 15,5 cm) e 10 balas de goma.

Eles serão colocados nas seguintes posições do mapa. Ficarão como na imagem abaixo



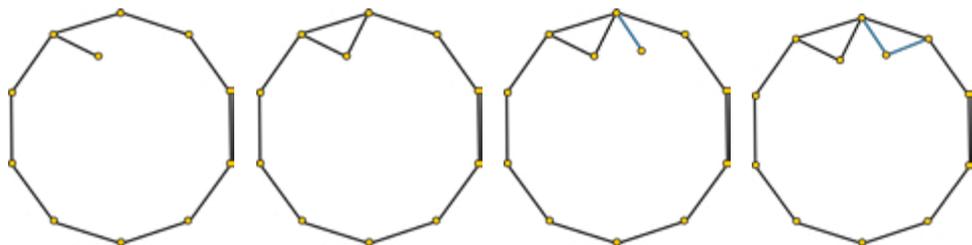
2. Agora pegue 20 palitos "A" de 13,5 cm (os que estão marcados) + 10 palitos "B" de 15,5 cm + 10 balas de goma.

O próximo passo da montagem exige atenção! Os próximos palitos terão que ficar voltados para cima, ou seja ficarão em uma inclinação vertical.

E sempre fincando o palito nos local marcado anteriormente na bala (ou o mais perto possível)

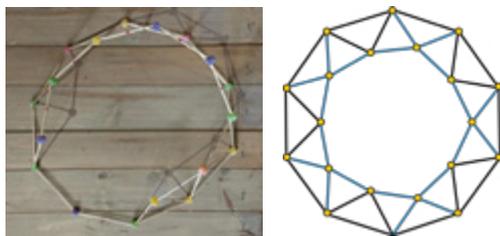
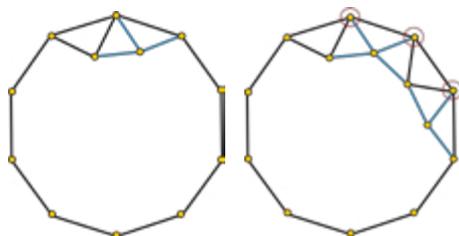


*Exemplo de como ficará a inclinação dos palitos*

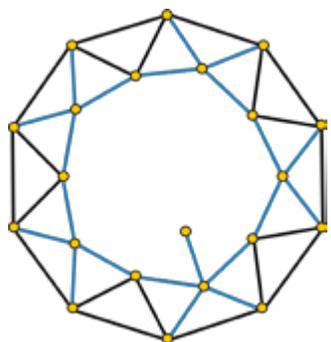
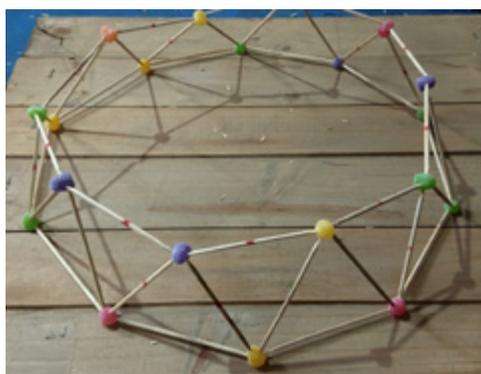


3. Pegue 2 palitos "B" (maiores) e siga a sequência.

4. Agora pegue 2 palitos "A" e continue a sequência



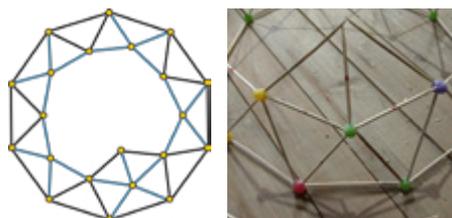
5. Agora una as pontas dos 2 triângulos que se formaram com um palito "A". Essa sequência irá se repetir por toda essa fase. Veja que em cada bala da base, saem 2 palitos - um "A" (azul) e um "B" (preto). Essa sequência segue até fechar essa fase. Veja também que os palitos que unirão as pontas dos triângulos serão sempre "A". Faça isso até fechar essa fase...



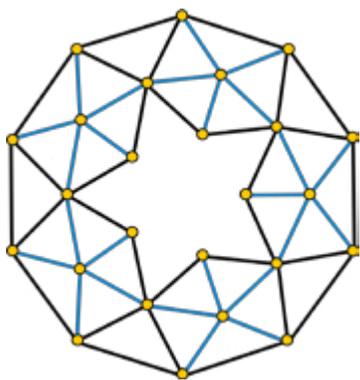
6. Agora separe mais 5 peças "A" e 10 peças "B"

7. A sequência nessa fase é diferente da anterior.

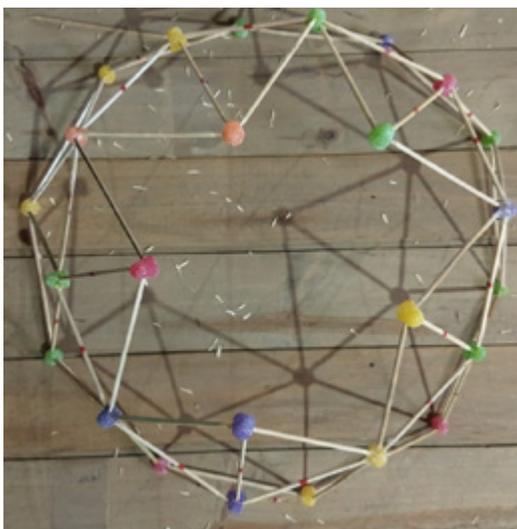
Repare que agora vamos colocar um palito conectado nos triângulos formados pelas peças "A" (eles são menores e estarão marcados com caneta). Esse palito vai sair do centro das conexões.



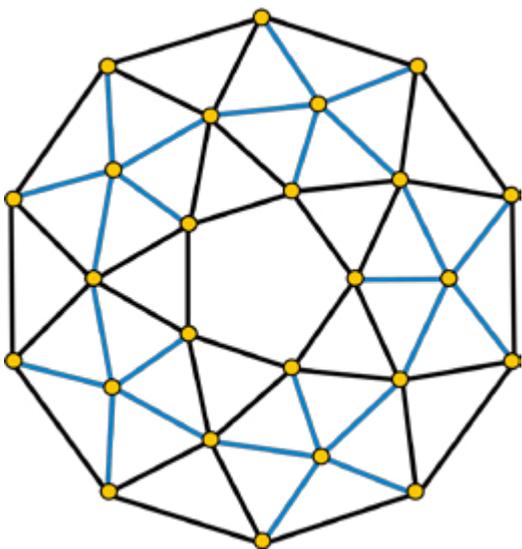
8. Agora pegue 2 palitos "B" e os conecte como no esquema e na foto ao lado, formando um pentágono!



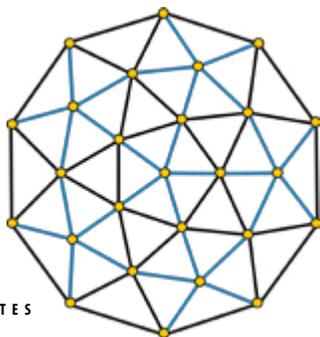
9. Agora repita esse procedimento por toda essa fase. Olhe como fica legal!

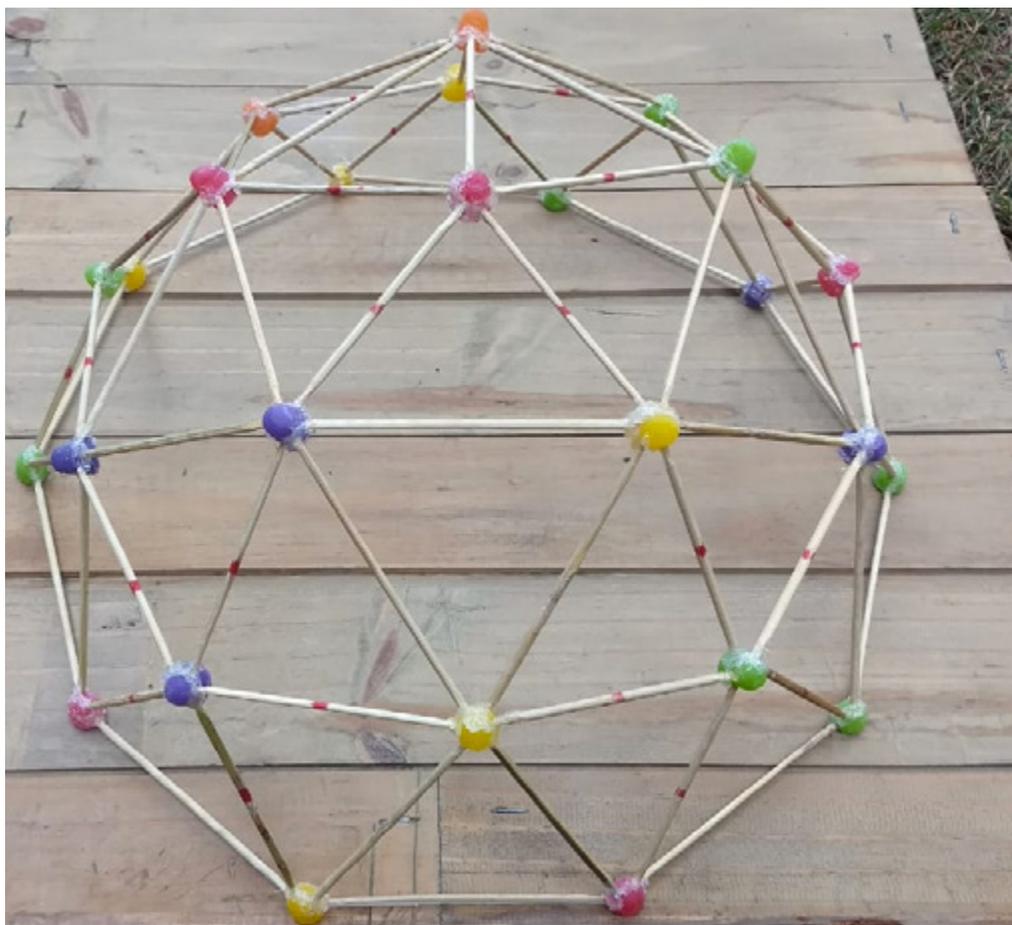


10. Agora una as pontas do triângulos com mais 5 peças "B". Ela ficará assim.



11. Agora para finalizar nossa geodésica, pegue as 5 peças "A" que restaram e as unam no centro de pentágono que se formou.





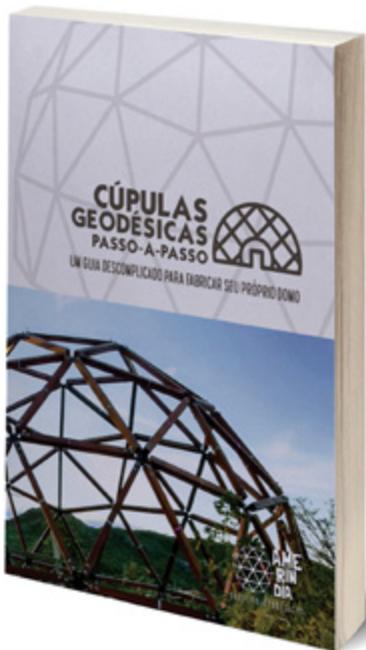
**Está pronta sua geodésica!**

Dica fina: Para que ela fique mais firme e durável é recomendado passar bastante cola quente em suas conexões (principalmente onde o palito penetra na bala).

**Grato por chegar até aqui!**



**AMERÍNDIA**  
CÚPULAS GEODÉSICAS



**APRENDA TODO O PASSO-A-PASSO DA FABRICAÇÃO E MONTAGEM DAS CÚPULAS GEODÉSICAS, EM UM GUIA COM UMA DIDÁTICA CLARA, OBJETIVA E DETALHADA. PELA PRIMEIRA VEZ NO BRASIL, SURGE UM MATERIAL TÃO RICO E BEM ILUSTRADO, DESVENDANDO OS SEGREDOS DAS CÚPULAS GEODÉSICAS.**

A maioria das pessoas que veem um domo geodésico pela primeira vez, ficam completamente fascinadas pela sua forma, geometria e energia emanada por ela. Muitas pessoas gostariam de ter uma dessas cúpulas mas não sabem como fazer ou quem as façam para elas. Na realidade, essas cúpulas são relativamente fáceis de se fabricarem, mas o segredo para fabricar-las é ter um método claro, bem organizado e eficiente. O grande valor dessa publicação é a capacidade de descomplicar a fabricação e o entendimento das cúpulas geodésicas , através de uma didática inovadora

e um passo-a-passo claro e bem elaborado, rico em ilustrações , que ajudam ainda mais o processo de aprendizagem, tornando-o mais prazeroso. Esse Ebook representa um marco nas publicações sobre Cúpulas Geodésicas no Brasil e no Mundo, por trazer uma forma completamente diferente e inovadora de ensino e aplicação das mesmas.”

**ADQUIRA AGORA SEU EBOOK**

[ebook.amerindia.eco.br](http://ebook.amerindia.eco.br)



## **5 MOTIVOS PARA VOCÊ ADQUIR ESTE EBOOK:**

- UM DOS MELHORES (E RAROS) LIVROS SOBRE GEODÉSICAS EM PORTUGUÊS, SENDO O ÚNICO QUE TRAZ UM PASSO-A-PASSO DETALHADO
- MÉTODO TESTADO E COMPROVADO, DE FÁCIL APRENDIZAGEM E EXECUÇÃO
- ÓTIMA DIDÁTICA, DE FORMA DESCOMPLICADA E ILUSTRADA
- EXPLICAÇÃO NOS MÍNIMOS DETALHES
- NÃO EXIGE CONHECIMENTOS AVANÇADOS.
- QUALQUER PESSOA, COM UMA NOÇÃO MÍNIMA DE FERRAMENTAS, CONSEGUE CRIAR UMA GEODÉSICA COM ESTE MÉTODO.



## EVENTO INÉDITO NO BRASIL E NO MUNDO!

O evento online e gratuito traz informações e conhecimentos sobre essa que é considerada por muitos, a **MAIOR REVOLUÇÃO ARQUITETÔNICA DO SÉCULO XX**.

Neste evento, a **Amerínida - Design em Sustentabilidade**, sob coordenação de Jorge Maron, facilitador deste evento e especialista em cúpulas geodésicas, trará um rico conteúdo, de forma completamente inovadora a esse tema tão fantástico que são as Cúpulas Geodésicas!

**GARANTA SUA VAGA!**

*[geodesica.amerindia.eco.br](http://geodesica.amerindia.eco.br)*





Siga-nos em nossas redes sociais!

[facebook.com/amerindiadesign](https://facebook.com/amerindiadesign)

[instagram.com/amerindia.eco.br](https://instagram.com/amerindia.eco.br)

