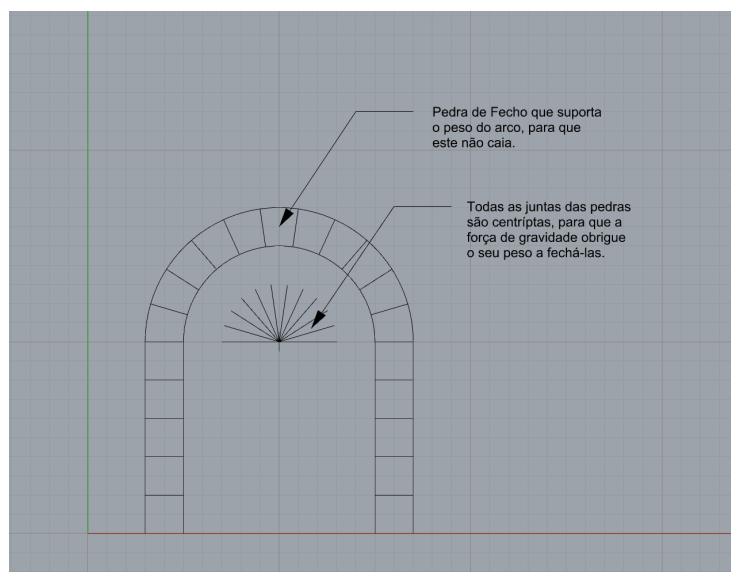


MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITECTURA E URBANISMO
FA-UL 2025 / 2026

SUPERFÍCIES DE ABÓBADA

Uma abóbada é uma estrutura arquitectónica, utilizada para a cobertura de espaços, que possui uma forma curva, de superfície inferior côncava, com a curvatura virada para cima, e é apoiada entre muros, pilares ou colunas de suporte. O seu desenho deriva do desenho geométrico do arco que, pela sua forma, se adapta bastante bem à estereotomia¹ da pedra. Sendo construída geralmente em pedra ou tijolo², funciona à base das forças de compressão geradas pela própria estrutura abobadada, onde as suas peças, em pedra ou tijolo maciço, se apoiam mutuamente para, suportando o seu peso de acordo com o desenho da sua estrutura geométrica, formarem um elemento estruturalmente estático - pelo facto de as juntas de encosto das pedras convergirem todas para o centro do arco, faz com que a sua tendência de escorregarem para dentro do espaço, elas se travem umas às outras pelos seus pesos individuais.



Imag 01 - Princípio do desenho de estereotomia de um arco de volta perfeita em pedra

¹ Estereotomia é a ciência de cortar, talhar e assentar materiais sólidos, na construção, como é o caso da pedra ou da madeira. Utiliza princípios geométricos para que as peças se sustentem em formas arquitectónicas, como arcos ou abóbadas.

² Hoje podem construir-se abóbadas em betão, mas aqui o seu interesse já não é estrutural sendo apenas figurativo.

De acordo com os diferentes desenhos possíveis para as curvas de abóbada, estas adquirem diferentes nomes como é o caso da, abóbada de aresta, abóbada de berço ou de canhão, abóbada de ogivas, abóbada de claustro, abóbada de combados ou abóbada geodésica entre muitas outras.³

Deste modo, o problema da modelação de uma abóbada consiste na determinação da curva que lhe dá forma, ou na complexidade de intersecções que se dão no desenho da cobertura.



Imag 02 - Abóbada do claustro do Mosteiro dos Jerónimos

Começando pela abóbada de desenho mais simples, a Abóbada de Berço⁴, esta consiste numa superfície semi-cilíndrica de perfil circunferencial, pelo que a sua modelação assenta num arco de semi-circunferência e que tem o nome de Abóbada de Berço.

³ Os nomes sublinhados e a cinza remetem para informação adicional das referidas abóbadas, na Wikipédia.

⁴ Também tem o nome de Abóbada de Canhão.

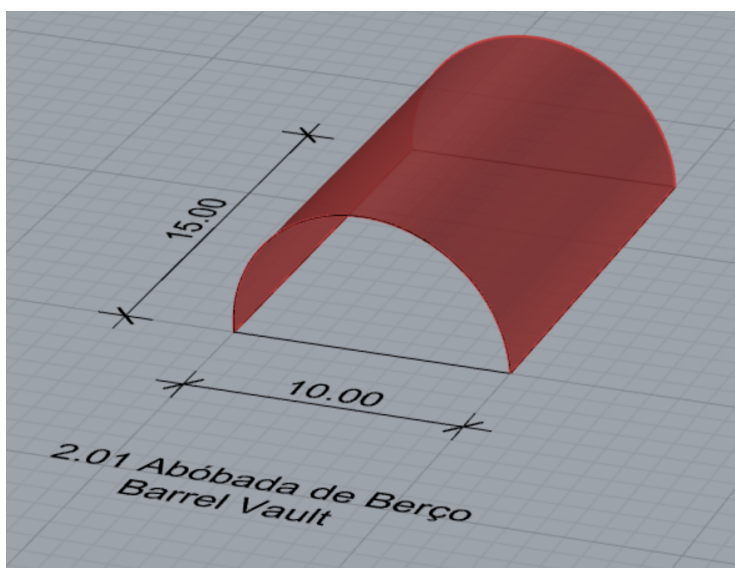
ABÓBADA DE BERÇO (OU DE CANHÃO)

A Abóbada de Berço parte de um perfil em semi-circunferência - arco de volta perfeita - assente pelos seus extremos em paredes laterais, colunas ou pilares, perfil esse cujo diâmetro dá largura à abóbada e vai percorrer todo o comprimento do espaço coberto.

O arco de volta perfeita, tendo tido origem na arquitectura romana, teve um largo campo de desenvolvimento e aplicação ao longo de toda a arquitectura românica da idade média.

A sua modelação começa por desenhar um rectângulo do espaço a cobrir, definindo-se o lado da largura e o do comprimento para, naquele, se inserir uma semi-circunferência vertical que vai ser o perfil da abóbada. Este perfil vai desenvolver-se por *EXTRUDE* ao longo de todo o comprimento do rectângulo do espaço definido.

Nos topos do espaço, ficam as semi-circunferências da abóbada de berço, e ao longo do comprimento do rectângulo ficam as linhas de pilares, ou a parede de apoio.



Imag 03 - Abóbada de Berço

Assim, desenhado o rectângulo da base a cobrir, desenha-se uma circunferência vertical, definida por dois pontos, que são os extremos do menor lado do rectângulo, e apara-se, com o *TRIM*, a metade de baixo com essa linha da largura do rectângulo.

Pode-se copiar, ou não, esta semi-circunferência para o outro lado do rectângulo, mas executa-se um varrimento, ou extrusão, da curva ao longo de todo o comprimento da base, constituindo-se assim o modelo desta abóbada.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

ARC

TRIM

ROTATE3D

EXTRUDECRV

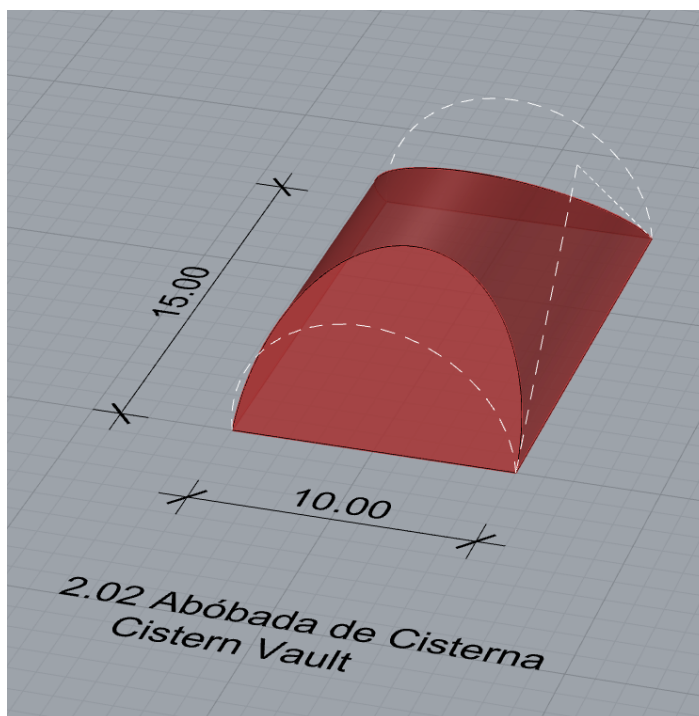
ABÓBADA DE CISTERNA

A Abóbada de Cisterna é em tudo igual à Abóbada de Berço, tendo apenas como diferença os seus topos cortados obliquamente, por exemplo, 45° . Para funcionar, esta abóbada necessita que o seu comprimento seja sempre maior do que a sua largura.

Assim, na sua modelação, a estrutura inicial pode ser integralmente copiada da abóbada anterior.

De seguida criam-se, nos extremos do comprimento da base rectangular, dois planos de $\text{inc.}=45^\circ$, que vão seccionar a abóbada cilíndrica, definindo assim a Abóbada de Cisterna.

Para criar esses planos, podem desenhar-se junto ao rectângulo da base duas linhas a 45° que irão ser as geratrizes dos planos secantes, mas antes de as rebater para um plano vertical, elas devem intersectar-se no alinhamento do ponto médio deste comprimento através da operação *Fillet* para que fiquem unidas e se possa realizar uma extrusão horizontal.



Imag 04 - Abóbada de Cisterna

Fica então um ângulo recto definido pelas duas linhas e roda-se esse ângulo para uma posição vertical, como na imagem 3. Agora extrude-se esse ângulo constituído pelo conjunto das duas linhas ao longo da largura da base, criando-se os planos secantes.

Antes de intersectar as superfícies, podem determinar-se as linhas de intersecção entre a superfície da abóbada e os planos, para eventualmente as poder destacar no desenho com uma cor diferente.

A intersecção entre a abóbada e os planos será realizada com a operação *Trim*, eliminando-se as partes excedentes dos planos e da superfície cilíndrica da abóbada.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE
ROTATE3D

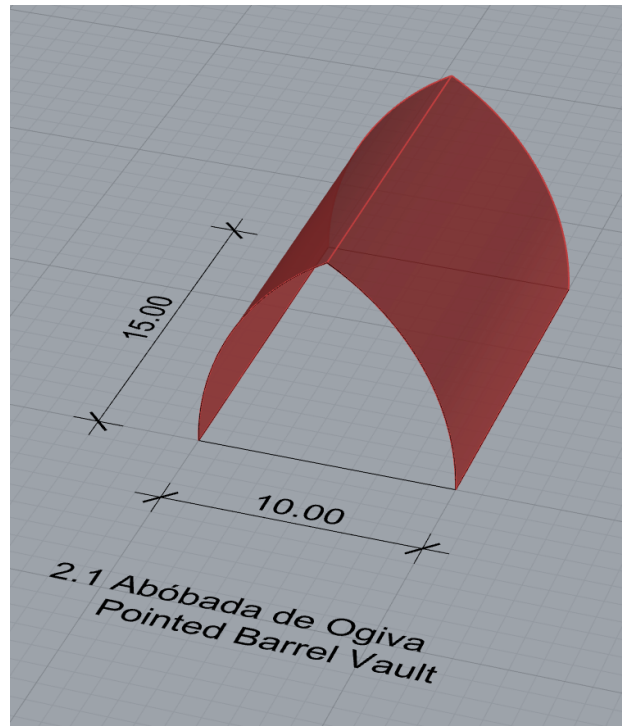
CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS
EXTRUDECRV

ARC
FILLET

TRIM

ABÓBADA DE OGIVA

A Abóbada de Ogiva, vem do arco de ogiva que lhe dá a forma. O Arco de Ogiva, ou Arco Quebrado, é constituído pela união de duas curvas simétricas - dois arcos de circunferência com centros nos extremos opostos da largura do arco, e cujos raios se sobrepõem - que se intersectam no ponto mais alto segundo um ângulo agudo. Este arco, mais alto e mais elegante, iniciador da Arquitectura Gótica, vem substituir o arco de volta perfeita da Arquitectura Românica.



Imag 05 - Abóbada Ogival

A modelação da Abóbada de Ogiva tem os mesmos passos da construção da Abóbada de Berço, mas usa este Arco Quebrado em vez do Arco de Volta Perfeita.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

ARC

TRIM

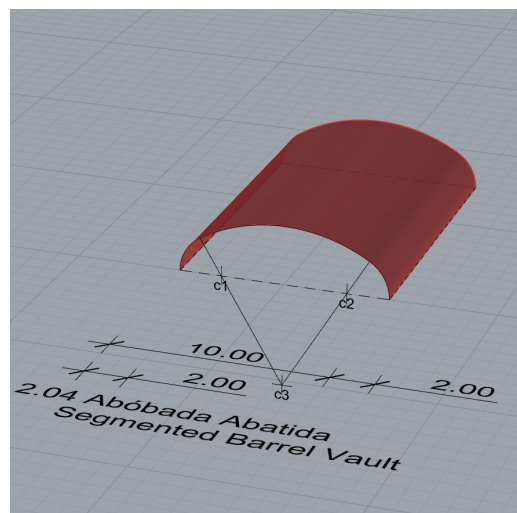
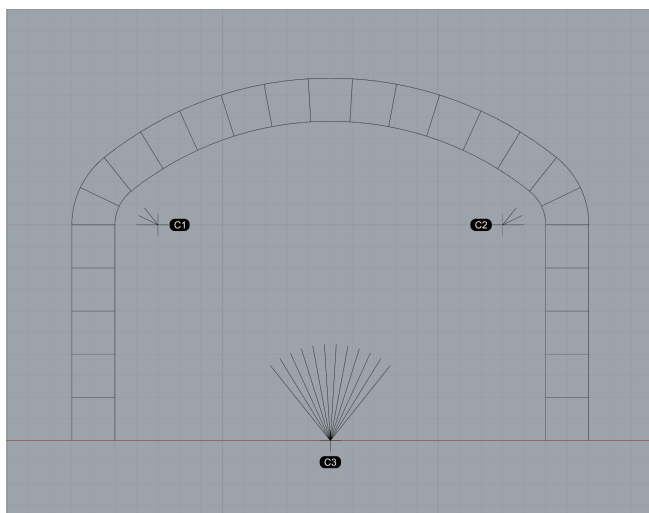
ROTATE3D

EXTRUDECRV

FILLET

ABÓBADA ABATIDA

A Abóbada Abatida é uma abóbada cilíndrica, cujo perfil é constituído pelo desenho de um Arco Abatido que sofre um movimento de translação ao longo do comprimento da área coberta. Este arco é composto por 3 arcos de circunferência, tangentes entre si nas linhas que unem os centros, permitindo atingir um raio de curvatura superior à metade da largura do vão, e ao mesmo tempo traduzindo-se numa curva côncava de flecha menor do que aquela que seria a do arco de volta perfeita correspondente ao mesmo vão.



Imag 06 - Princípio do desenho de estereotomia de um Arco Abatido com 3 centros.

A construção do modelo desta abóbada é em tudo idêntica ao modelo da abóbada anterior, com o comando **ExtrudeCrv** a realizar a translação do arco sobre a área a cobrir, no entanto aqui, a linha curva que define o perfil do arco abatido da abóbada é determinada pela construção dos 3 arcos de circunferência tangentes, tal como se pode ver na imagem acima.

Assim, pode determinar-se C1 e C2, à cota superior das paredes laterais - centros das circunferências menores - e C1 no ponto médio da base da largura - centro do arco maior.

As duas linhas que unem os centros - C3C1 e C3C2 - intersectam os arcos nos pontos de tangência. As juntas das pedras são sempre centrípetas, para os centros dos arcos respectivos.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

ROTATE3D

EXTRUDECRV

FILLET

LUNETAS

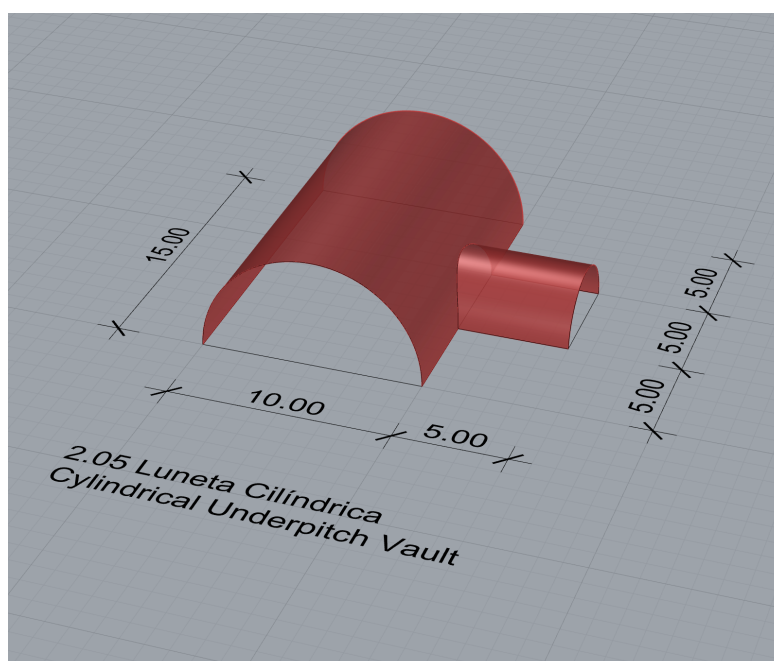
Lunetas são canais de menor dimensão do que as abóbadas mas de estrutura idêntica a estas, e que criam aberturas laterais nas abóbadas, paredes ou bandeiras de portas. Estas aberturas servem geralmente como entradas de luz lateral no interior dos espaços definidos pelas abóbadas principais, mas podem ter também servir para a criação de nichos com o objectivo da colocação de estátuas ou altares no interior desses espaços. A determinação destas lunetas juntamente com as superfícies das abóbadas conduz à questão das intersecções de superfícies.

Analisaremos aqui a modelação destas lunetas numa situação sempre adjacente à Abóbada de Berço, podendo replicar-se o problema relativamente às outras abóbadas. As lunetas resultam, aqui, em pequenas coberturas transversais às abóbadas a que estão ligadas.

LUNETEA CILÍNDRICA

A Luneta Cilíndrica é uma pequena cobertura em abóbada cilíndrica, idêntica à abóbada de berço mas de dimensões consideravelmente menores, encontrando-se transversal à abóbada principal a que é adjacente.

A construção do seu modelo é em tudo idêntica à construção da Abóbada de Berço mas a sua largura é consideravelmente menor e o seu comprimento também. Geralmente estas aberturas representam um comprimento que vence a espessura da parede lateral que suporta a abóbada.



Imag 07 - Luneta Cilíndrica

Assim, construído o modelo da abóbada que vai receber a luneta, determina-se o rectângulo lateral que será coberto pela luneta e coloca-se este ao lado do rectângulo da abóbada. Em seguida constrói-se, no lado exterior do pequeno rectângulo, uma arco de volta perfeita vertical que será extrudido até cerca de metade da área da abóbada principal. As duas superfícies cilíndricas vão intersectar-se, pelo que se determina a sua linha de intersecção usando o comando *Object Intersection*. Após a determinação da linha de intersecção entre as duas superfícies, vai ter de se aparar (Trim) cada uma delas de modo a receber a outra. Assim, com o comando Trim seleccionam-se as duas superfícies e clica-se nas partes que se quer apagar: a excrescência da luneta dentro do espaço da abóbada e o pequeno círculo desenhado pela luneta na abóbada, abrindo-se assim a ligação entre as duas superfícies.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

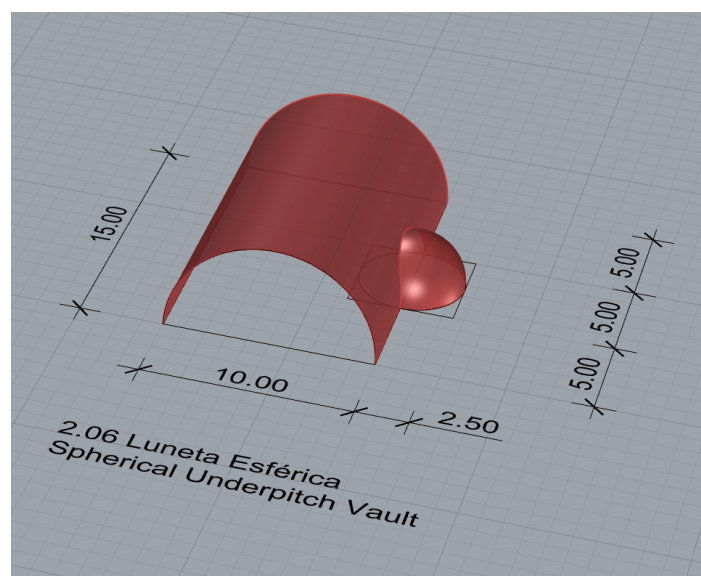
ROTATE3D

EXTRUDECRV

FILLET

LUNETAS ESFÉRICAS

A Luneta Esférica é uma superfície que origina a intersecção de uma pequena semi esfera com a lateral da superfície da abóbada, e pode ser utilizada para a colocação de nichos nas laterais das naves de igreja.



Imag 08 - Luneta Esférica

O seu modelo, usando novamente a base da Abóbada de Berço, começa por colocar um quadrado com a dimensão da esfera da luneta, a ser intersectado a meio pelo lado do rectângulo da abóbada a onde se vai acoplar a luneta. No interior deste quadrado desenha-se uma circunferência que lhe seja tangente aos lados e que vai servir de equador da semi-esfera da luneta. Cria-se a esfera com centro coincidente com o da circunferência e apara-se a metade de baixo desta.

De seguida procede-se como no caso anterior, para intersectar as duas superfícies, e excluir o que não interessa de cada uma delas, de modo a criar a ligação entre elas. Não esquecer de determinar a linha de intersecção entre as duas superfícies.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

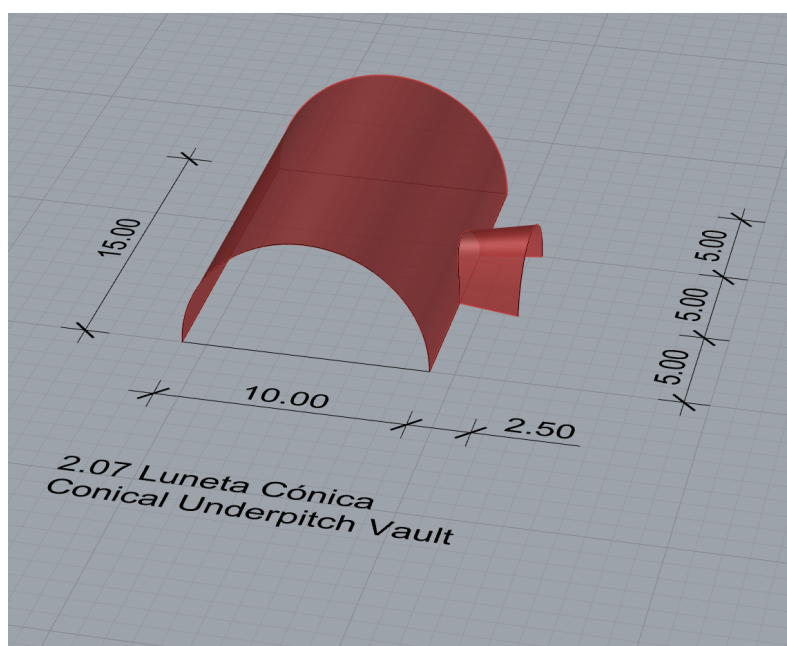
ROTATE3D

EXTRUDECRV

SPHERE

LUNETA CÓNICA

A Luneta Cónica difere da Luneta Cilíndrica pelo facto de ser concretizada por uma superfície cónica. Vamos aproveitar a construção da Luneta Esférica para modelar a Luneta Cónica.



Imag 09 - Luneta Cónica

Assim, tendo já a Abóbada de Berço da construção anterior, aproveita-se também o quadrado que serviu para dimensionar e modelar a esfera, criando no lado desse quadrado que fica completamente fora da abóbada, uma circunferência vertical de diâmetro igual ao lado do quadrado. Elimina-se a metade de baixo da circunferência e resta a metade que vai ser directriz do cone da luneta. Faltam dois elementos: o eixo de revolução do cone e a geratriz que vai gerar a superfície da luneta. O eixo do cone vai do centro da directriz - semi-circunferência - até ao lado oposto do rectângulo da abóbada, definindo aí o vértice do cone. A geratriz vai do vértice até a um dos extremos da directriz.

A operação de geração da superfície cónica da luneta é realizada com o comando *RailRevolve*, que pede, de modo consecutivo e sem *Enter* pelo meio, para:

- 1 - seleccionar a linha geratriz;
- 2 - seleccionar a linha directriz;
- 3 - seleccionar os dois pontos do eixo.

De seguida procede-se como no caso anterior, para excluir o que não interessa nas duas superfícies, de modo a haver ligação entre elas. Não esquecer de determinar a linha de intersecção entre as duas superfícies.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

FILLET

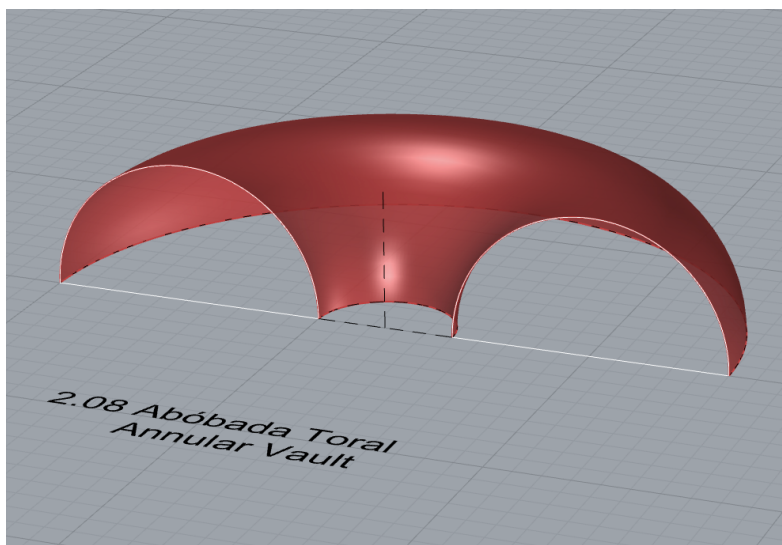
RAILREVOLVE

ABÓBADA TÓRICA OU TORAL

A Abóbada Tórica, ou Abóbada Toral, é uma abóbada que se desenvolve ao longo de um percurso plano horizontal curvo, podendo ser gerada por um arco qualquer, um arco de volta perfeita, arco abatido, ou outro, e que descreve em planta uma curva circunferencial, definindo assim uma superfície tórica.

Deste modo, para construir o modelo desta abóbada, constrói-se uma estrutura inicial completamente nova, composta por:

- um segmento de recta, por exemplo de 10 uni. e que corresponde ao vão da abóbada; neste segmento desenha-se um arco vertical, de um extremo ao outro, que vai ser o arco da abóbada⁵ e será a geratriz da superfície tórica;
- um outro segmento que se une ao primeiro pelo seu extremo e que é o raio da curva interior do percurso da abóbada; este segmento tem no outro extremo o centro de revolução de geração da superfície tórica da abóbada.
- Uma linha vertical, eixo da rotação da superfície tórica, que passa no ponto anterior e que é o centro de revolução : faça-se este eixo com metade da dimensão da largura do vão, por exemplo 5 uni de altura.
- um arco de circunferência horizontal, com centro no centro de revolução e raio até ao primeiro extremo do arco de abóbada, que delimita o lado interno do percurso coberto;
- um segundo arco concêntrico com o anterior, e de raio até ao outro extremo do arco da abóbada, acompanhando o limite externo do percurso desta. Estes arcos, que no desenho abaixo são de 180°, podem ser de qualquer amplitude ou comprimento.



Imag 10 - Abóbada Tórica

⁵ Este arco pode ser um arco de circunferência, mas pode também ser outro arco qualquer, como um arco abatido ou um arco ogival.

A superfície da abóbada constrói-se com o comando **Sweep2**. O comando Sweep2 permite criar uma superfície a partir de 1 geratriz e 2 directrizes.

O comando pede primeiro a 1ª directriz, seguido da 2ª directriz e da *Shape*, ou curva que dá forma à superfície.

COMANDOS a usar :

LINE

LINE - VERTICAL

CIRCLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

SWEEP2

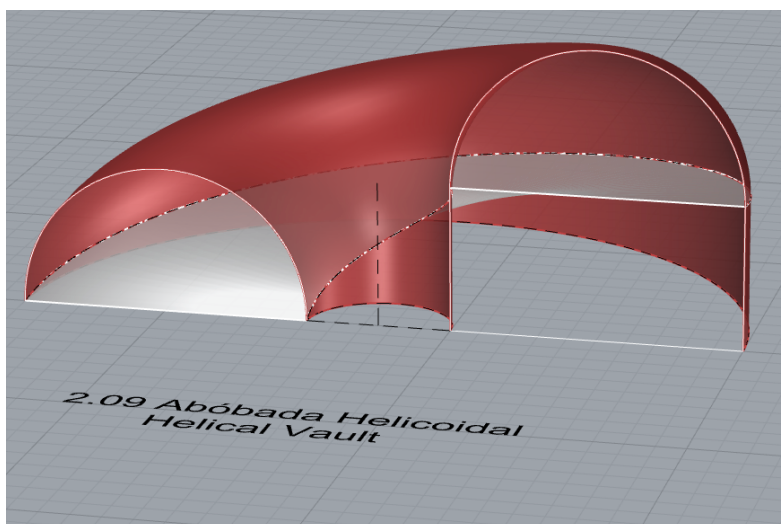
ABÓBADA HELICOIDAL

A Abóbada Helicoidal difere da anterior porque não se desenvolve ao longo de um percurso curvo, plano e horizontal mas sim ao longo de um percurso circular em rampa, ou inclinado, como se pode ver na figura abaixo, na rampa helicoidal a branco.

Esta abóbada constrói-se a partir do seu desenho em planta.

Copie-se então a estrutura da abóbada anterior : as duas semi-circunferências horizontais, com as linhas que as fecham no início e no fim, e ainda o eixo vertical de revolução, bem como a semi-circunferência vertical que será o arco da abóbada.

Agora ter-se-há de desenhar 2 linhas helicoidais, com os raios iguais aos das circunferências horizontais, que definirão o modelo da rampa a subir para a direita, e que configuram as directrizes, ou *rails* da superfície da abóbada. A geratriz, ou *shape*, é o arco vertical.



Imag 11 - Abóbada Helicoidal

As helicoidais são realizadas com o comando **Helix**, do seguinte modo : após o comando, indicam-se os dois pontos do eixo vertical, e antes de assinalar no desenho o raio da helicoidal, nas opções escolhe-se o número de voltas - neste caso será de 0.5 voltas - e em Twist escolhe-

se o sentido de subida da curva, sendo que só no fim se define o raio desta. Repete-se este procedimento para a outra helicoidal, após o que se realizará o comando Sweep2 para revolver a geratriz - o arco vertical - em torno do eixo e ao longo das directrizes helicoidais.

Entre as helicoidais e as semi-circunferências da planta, pode construir-se esse intervalo utilizando o comando **Loft**, que preenche o espaço entre duas linhas. Faz-se *Loft*, seleccionam-se as duas curvas e dá-se *Enter*. No quadro de opções que se abre não accionamos qualquer opção que não esteja já marcada.

COMANDOS a usar :

LINE

LINE - VERTICAL

CIRCLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

HELIX

LOFT

SWEEP2

ABÓBADA DE SAINT GILLES

A Abóbada de Saint Gilles difere da anterior num aspecto de pormenor. Repare-se que na abóbada anterior, o arco vertical da geratriz não é perpendicular à inclinação da rampa que a abóbada acompanha. Desta forma, o modelo da abóbada não corresponde à translação de uma esfera ao longo do trajecto de rampa, pelo que a abóbada fica ligeiramente abatida em relação à que fosse criada pela translação de uma esfera ao longo da helicoidal.

Para resolver esta questão, deve planificar-se a superfície cilíndrica que contém a helicoidal, para conhecer o seu ângulo de inclinação, e assim poder dar ao arco vertical uma inclinação perpendicular à da rampa helicoidal.

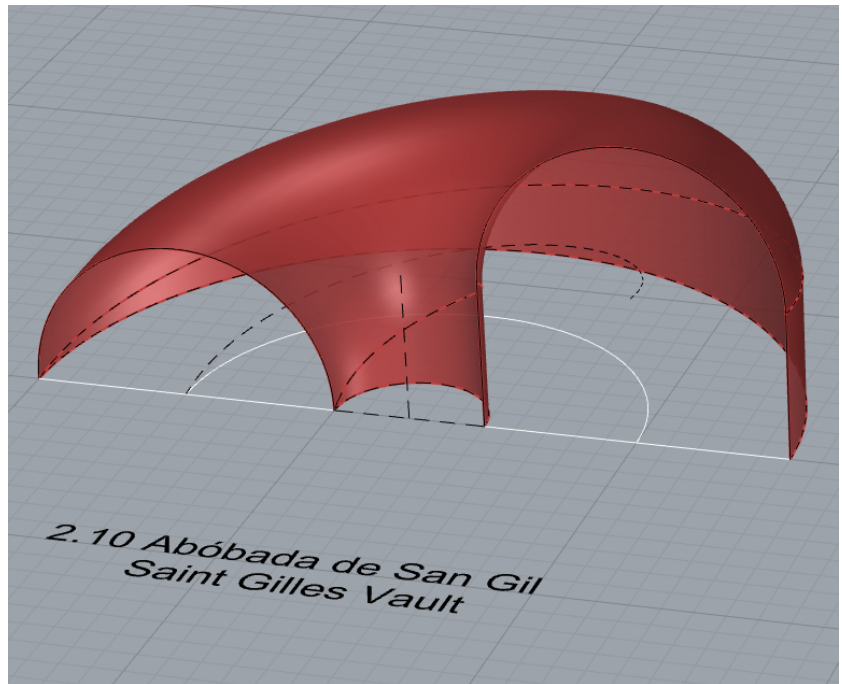
Pode então copiar-se toda a estrutura inicial da abóbada anterior, incluindo as helicoidais, e também os *lofts* realizados para planos verticais de fecho da abóbada até ao plano horizontal.

Desenhe-se de seguida uma nova helicoidal, a meio da rampa, e por isso, concêntrica com as anteriores e de raio até ao ponto médio da largura do vão, como mostra o desenho acima.

Com o comando *List*, ou com o comando *Lenght*, clicando em cima da circunferência branca que fica sob esta helicoidal pode conhecer-se o seu comprimento, que será o cateto horizontal do

triângulo rectângulo cujo cateto vertical mede 5 unid. e cuja hipotenusa é a planificação da helicoidal em questão e nos dá o seu ângulo de inclinação. Conhecendo este ângulo já se pode inclinar para fora o arco vertical da abóbada, de modo a que este fique perpendicular à inclinação da rampa helicoidal.

Agora, com o arco inclinado, faz-se o **Sweep2** de modo a modelar a abóbada de Saint Gilles.



Imag 12 - Abóbada de Saint Gilles

Esta abóbada é muito parecida com a Abóbada Helicoidal, mas com a tal pequena diferença na sua curvatura interior.

COMANDOS a usar :

LINE

LINE - VERTICAL

CIRCLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

TRIM

HELIX

LIST

LENGHT

LOFT

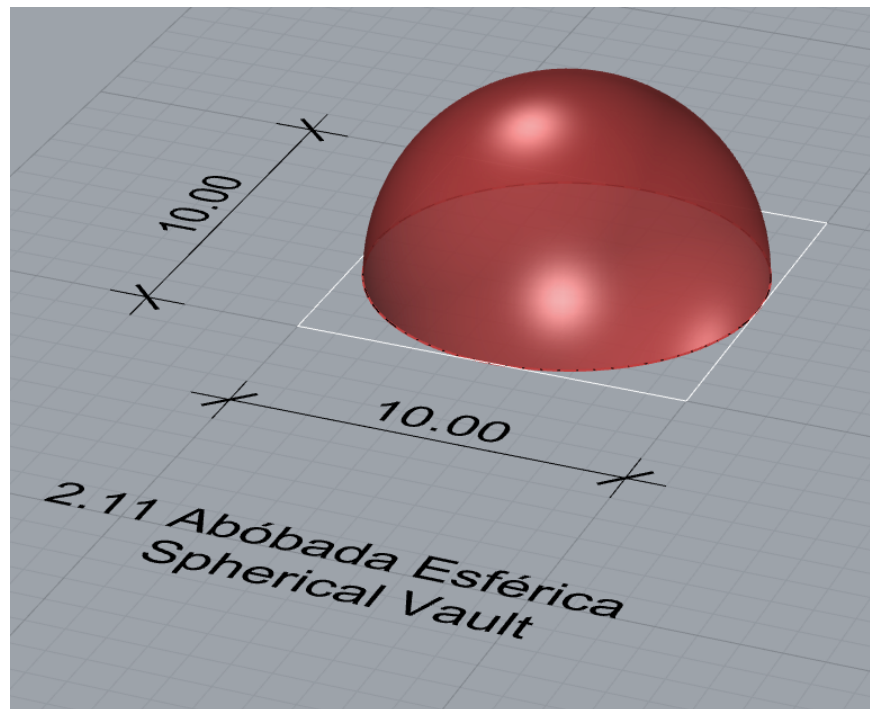
SWEEP2

ABÓBADA ESFÉRICA

As abóbadas esféricas constituem um grupo de abóbadas cuja superfície inferior limite é sempre resultado da totalidade ou parte de uma calote esférica, pelo que o seu modelo de construção tem muitos pontos comuns, mesmo que por vezes a sua conceptualização seja de natureza diversa.

Deste modo, e para iniciar com o exemplo mais imediato, constrói-se um quadrado no plano horizontal, onde se vai inscrever uma circunferência. Esta circunferência será o equador de uma esfera, pelo que o centro da esfera a criar se encontra depositado sobre o centro da circunferência existente.

Como só interessa a calote esférica superior, pois trata-se de uma abóbada, corta-se com o comando **Trim** a metade inferior da esfera criada, ficando assim modelada a Abóbada Esférica.



Imag 13 - Abóbada Esférica

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

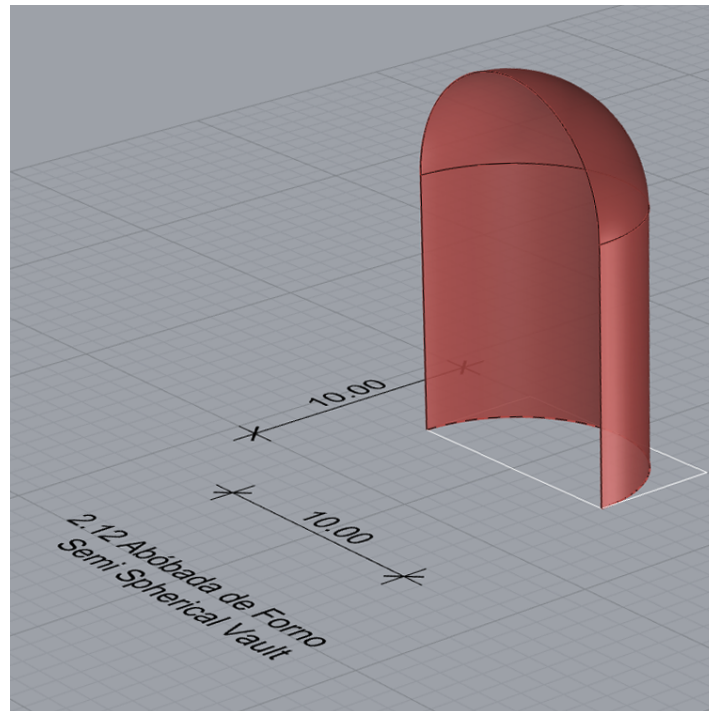
CIRCLE

SPHERE

TRIM

NICHO ou ABÓBADA SEMI-ESFÉRICA

A O Nicho, ou Abóbada de Forno, é uma construção que engloba não só a abóbada semi-esférica que encima o conjunto como também considera a superfície semi-cilíndrica vertical que cobre toda a altura do vão, tal como se pode ver na imagem abaixo.



Imag 14 - Nicho

Define-se então um rectângulo de proporções 2 por 1, qualquer que sejam as suas dimensões, e nele se inscreve uma semi-circunferência, base da modelação da abóbada. Copia-se esta curva na vertical para determinar a altura do nicho. Estas duas curvas podem ser ligadas pelo comando Loft, sendo que a curva horizontal de cima vai dar origem a uma outra semi-circunferência vertical que será o arco da abóbada.

No centro destas duas curvas de cima, inscreve-se o centro de uma esfera que terá o raio igual aos das semi-circunferências. O comando Trim permite eliminar 3/4 da esfera e ficar só com o 1/4 que pertence à abóbada.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

SPHERE

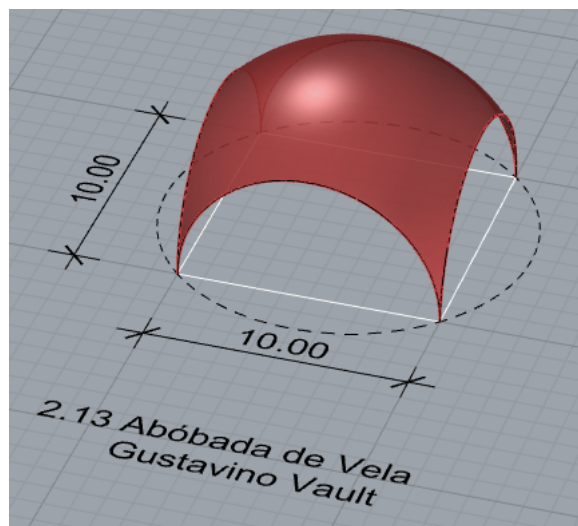
TRIM

LOFT

ABÓBADA DE VELA

A Abóbada de Vela resulta de uma superfície esférica que é seccionada por planos verticais que se intersectam entre si segundo rectas verticais que passam no equador da esfera. Estes pontos no equador da esfera são vértices de um quadrado, pelo que estas secções cortam iguais partes da superfície e fazem-no segundo semi-circunferências iguais.

Assim, para criar o modelo desta abóbada pode começar-se por desenhar no plano xy um quadrado, que pode ser por exemplo de 10 x 10 unid., e circunscrever a este quadrado uma circunferência que vai ser o equador da abóbada. Cria-se a esfera e corta-se logo a metade de baixo da esfera com o comando **Trim**, ficando o quadrado dentro da esfera. A abóbada vai corresponder, em planta, à área deste quadrado, pelo que os ditos planos verticais secantes têm traços horizontais nos lados deste quadrado.



Imag 15 - Abóbada de Vela

Em vez de criar os planos secantes para fazer o Trim das partes a cortar, o que seria uma possibilidade, vamos projectar o quadrado na superfície da abóbada criando as linhas de intersecção que usaremos para fazer os *Trims*.

O comando será **Project** - pode escolher-se a opção **Project Curves or Control Points**, no icon da projecção que se encontra no menú de icons do separador **Standard** - escolhe-se a linha ou linhas a projectar - o Quadrado - e dá-se Enter para sair da selecção, escolhe-se a superfície semi-esférica e ao dar Enter o quadrado fica projectado na esfera.

A seguir faz-se o Trim das partes que não interessam para a abóbada, resultando o que se vê na imagem 15.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE

SPHERE

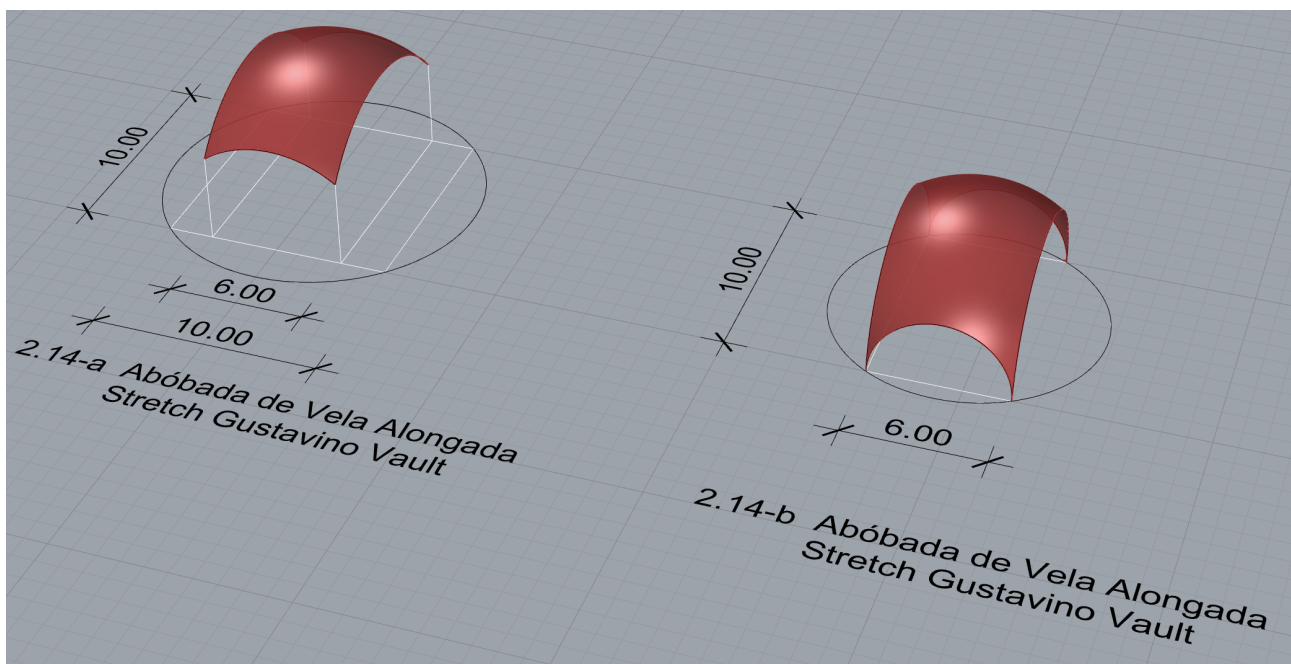
TRIM

PROJECT

ABÓBADA DE VELA ALONGADA

A Abóbada de Vela Alongada difere da anterior por cobrir, não uma área quadrada mas sim uma área rectangular, pelo que a sua construção é em tudo idêntica à construção da Abóbada de Vela.

No entanto, esta abóbada pode ter duas soluções que configuram diferentemente a sua forma : o rectângulo que limita a abóbada pode ter os seus vértices sobre a circunferência da semi-esfera, mas também pode ter este rectângulo totalmente dentro da área desta circunferência, originando os resultados que se apresentam na imagem 16, abaixo.



Imag 16 - Abóbada de Vela Alongada

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE

SPHERE

TRIM

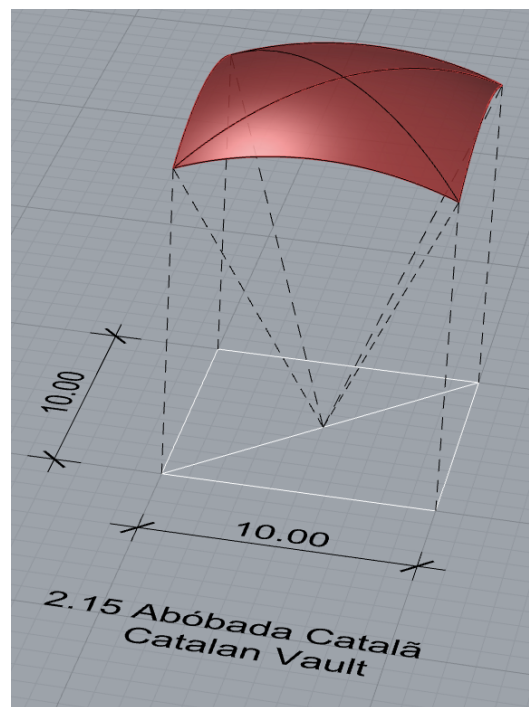
PROJECT

ABÓBADA CATALÃ

A Abóbada Catalã é também uma abóbada de superfície esférica, no entanto utiliza uma parte bastante reduzida dessa superfície.

Deste modo, não se parte pela modelação da esfera base da abóbada mas parte-se sim pelo desenho dos arcos que se vão usar para definir esta abóbada.

Represente-se então a área quadrada que a abóbada vai cobrir e uma sua diagonal. Esta diagonal será o traço horizontal de um plano vertical que intersectará a abóbada segundo um arco de circunferência. Nesse plano é desenhada a construção desse arco de circunferência. As duas verticais dos extremos da diagonal - vértices do quadrado - dão a altura a que está a abóbada. Do centro da diagonal saem duas linhas inclinadas e simétricas que são o Raio da curvatura, intersectando as verticais mais acima ou mais abaixo, consoante a sua dimensão.



Imag 17 - Abóbada Catalã

O arco diagonal da abóbada, como se vê acima, tem centro no centro do quadrado e raio no extremo de uma das linhas inclinada determinadas no passo anterior. Usam-se essas linhas para cortar o excedente da circunferência que não pertence ao arco.

Na outra diagonal a estrutura será simétrica a esta pelo que não nos fará falta mas pode-se criar uma cópia reflexa através do comando **Mirror**, com eixo de espelho paralelo a x ou a y.

Cria-se a esfera da abóbada com centro no centro do quadrado e com raio numa das linhas inclinadas. Na esfera vai projectar-se o quadrado através do comando **Project**. Verifique que o quadrado é projectado duas vezes na esfera, porque o programa não escolhe qual a projecção a fazer se acima ou abaixo. Usando a projecção superior e, com o comando Trim, corta-se todo o excedente da esfera, resultando assim a Abóbada Catalã.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE

TRIM

SPHERE

PROJECT

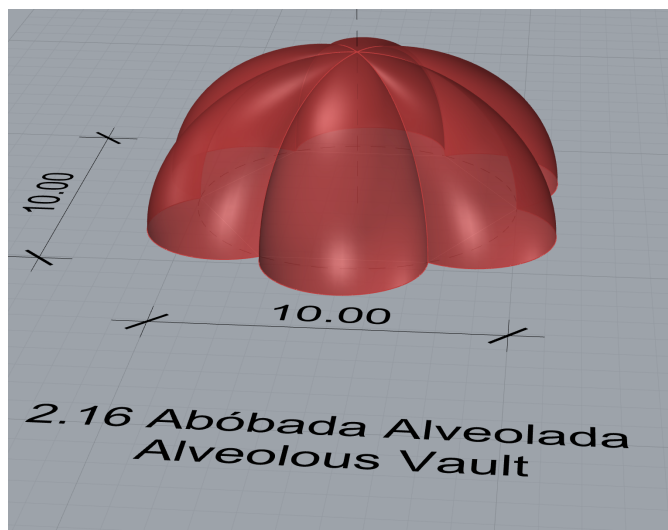
ABÓBADA ALVEOLADA

A Abóbada Alveolada pertence a um grupo diferente de abóbadas em que a superfície curva não segue uma directriz circular mas é uma curva quebrada - também poderia ser uma linha poligonal - criando esta forma de gomos que constituem o corpo da abóbada.

Começa-se então por criar um polígono com um número qualquer de lados, que aqui vai ser um hexágono. Este hexágono pode ser inscrito numa circunferência e esta por sua vez pode ser inscrita ou circunscrita a um quadrado.

Os lados deste hexágono vão ajudar a criar seis arcos de circunferência que serão todos juntos com o comando **Join**.

No centro do hexágono cria-se uma linha vertical que vai ser o eixo do movimento de criação desta abóbada, que será criada por revolução, com o comando **RailRevolve**.



Imag 18 - Abóbada Alveolada

Entre o eixo vertical de revolução e um vértice da directriz cria-se a geratriz desta superfície de abóbada que será um arco de circunferência de 90° de amplitude. Pode fazer-se através do comando **Arc** ou cortando uma circunferência vertical com o comando **Trim**.

A geração da superfície de abóbada será realizada com o comando **RailRevolve**, seleccionando-se primeiro o arco da geratriz, seguido da curva quebrada da directriz, e seguido dos dois pontos do eixo de revolução.

COMANDOS a usar :

RECTANGLE

CIRCLE

POLYGON

LINE - VERTICAL

TRIM

JOIN

CIRCLE - VERTICAL - 2 PONTOS

RAILREVOLVE

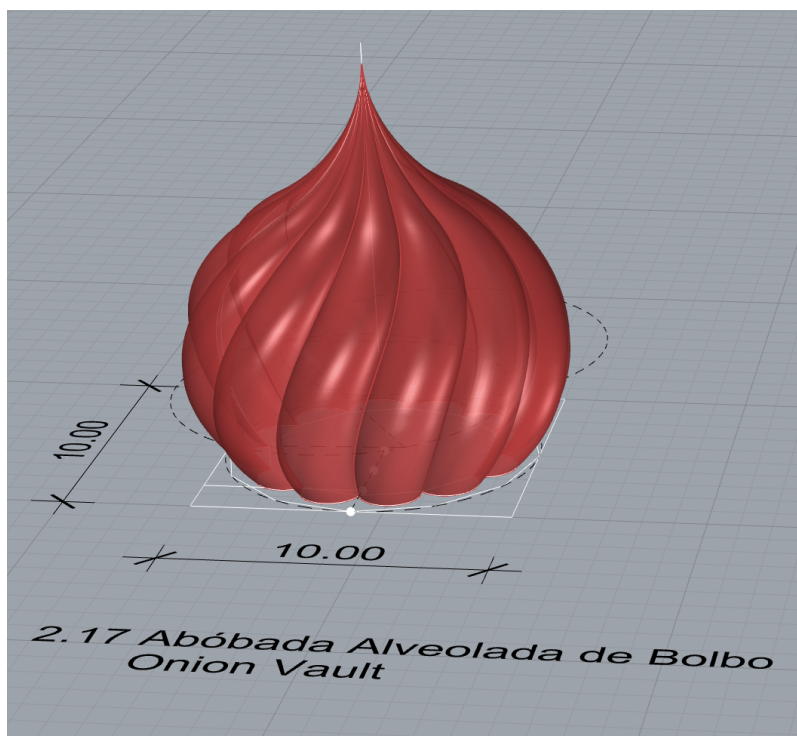
ABÓBADA ALVEOLADA DE BOLBO

A Abóbada Alveolada de Bolbo é, na minha opinião e talvez pelo seu exotismo, a mais engraçada de todas estas que aqui foram abordadas.

Esta é uma abóbada de revolução, novamente ao longo de uma directriz curva quebrada, pelo que será muito parecida com a modelação da abóbada anterior.

Copie-se então a estrutura inicial da modelação anterior : um polígono com um qualquer número de lados - aqui vamos usar um Dodecágono: 12 lados - e no seu centro uma linha vertical que será o eixo de revolução desta abóbada.

Do Dodecágono usamos os lados como diâmetros para criar 12 arcos de circunferência que se vão unir com o comando **Join** e vão constituir a Directriz da superfície da abóbada.



Imag 19 - Abóbada Alveolada de Bolbo

A Geratriz da abóbada tem uma construção geométrica mais complexa, que é a seguinte :

1 - Na estrutura base inicial desta modelação, como se pode ver na imagem 20, na página seguinte, dividiu-se o quadrado base ao meio e a metade de baixo foi dividida entre $\frac{2}{3}$ e $\frac{1}{3}$. Simultaneamente, pelo centro C do quadrado, tirou-se uma linha vertical igual ao lado do quadrado, até D definindo-se a seguir a diagonal branca AD.

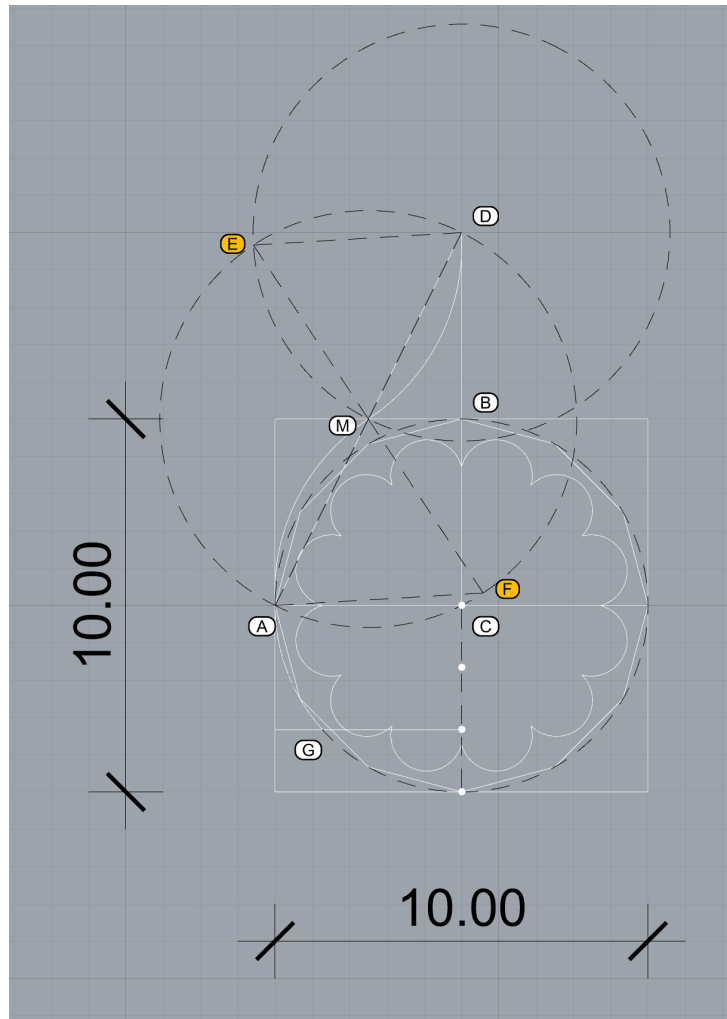
2 - Esta diagonal AD é dividida ao meio em dois segmentos iguais, AM e MD, com o comando **Split**. Na metade MD constrói-se um triângulo equilátero DME, em que E está a amarelo.

3 - Faz-se um espelho deste triângulo DME em relação a AD e move-se essa cópia para o segmento MA, obtendo-se assim o vértice F, também a amarelo. Estes vértices E e F serão centros de arcos de circunferência DM e MA que farão parte da Geratriz da superfície da abóbada.

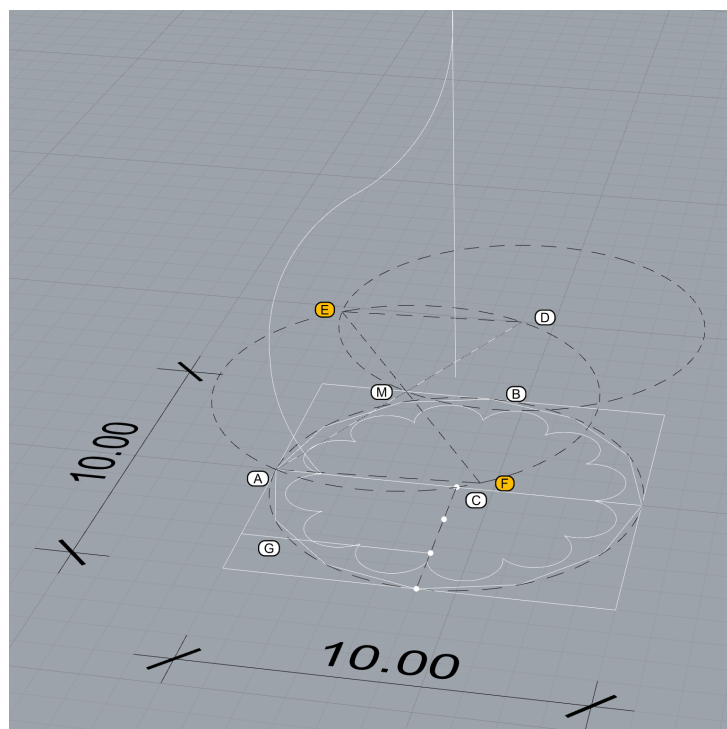
4 - O arco que falta para completar a Geratriz é o arco AG, que tem centro em C e pertence à circunferência inscrita no quadrado base. Estes 3 arcos são unidos pelo comando **Join**, e juntamente com a linha CD, são rebatidos para a posição vertical com o comando **Rotate3D**. E movidos de modo a que a vertical fique no centro do quadrado e por conseguinte no centro da Directriz.

5 - Tal como está, esta geratriz deve poder ser revolvida através do comando **RailRevolve**, escolhendo-se primeiro a Geratriz - **Shape**, seguida da Directriz - **Rail**, e dos dois pontos do eixo de revolução.

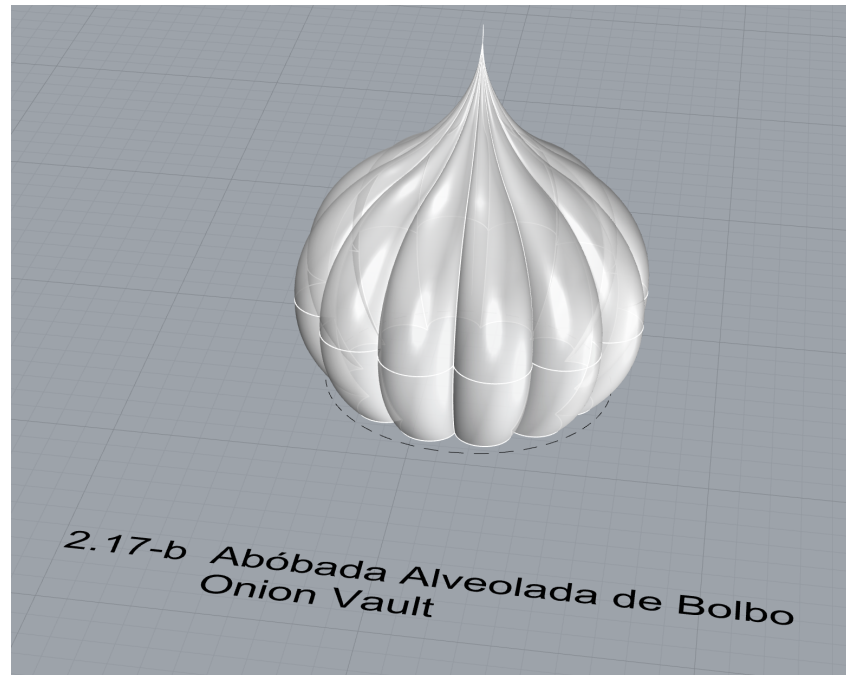
6 - Para se dar o passo 5, a geratriz deve coincidir no vértice da directriz mais próximo do ponto A. Se isso não acontecer, deve ser escalada com o comando **Scale**, usando como centro ponto C e ajustando o extremo inferior da Geratriz ao vértice da Directriz mais próximo de A.



Imag 20 e 21 - Construção da Abóbada Alveolada de Bolbo



A superfície de Abóbada Alveolada de Bolbo criada com a Geratriz plana, não é aquela que nos propusemos realizar e que consta na primeira imagem deste capítulo, no entanto é também uma Abóbada Alveolada de Bolbo, tal como se pode ver na imagem abaixo.



Imag 22 - Abóbada Alveolada de Bolbo alternativa

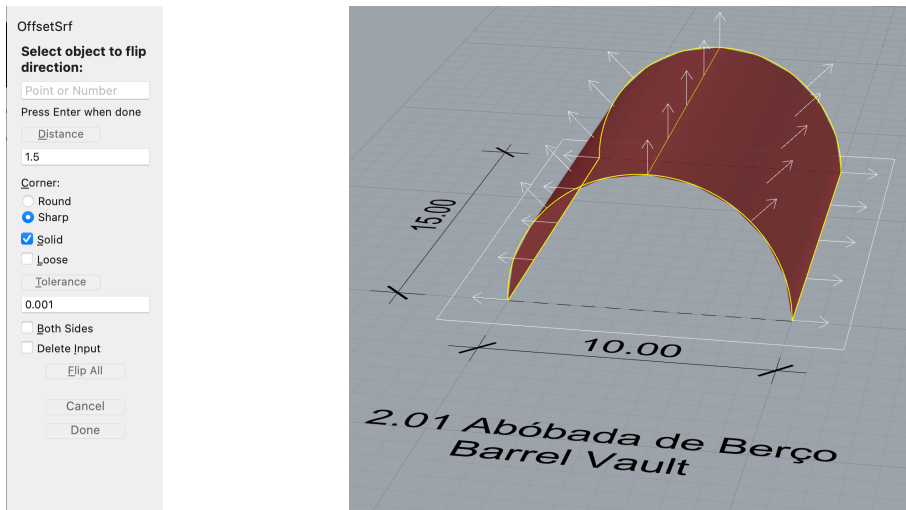
Para se criar a abóbada proposta no início, há que torcer a Geratriz de modo a ela encurvar os gomos da abóbada.

Assim, vamos aplicar uma torção de 45° ao arco da Geratriz, utilizando o comando **Twist**, seleccionando de seguida a linha que se quer torcer, **Enter** para sair da seleção, dar os dois pontos do eixo de torção, que é o mesmo eixo de revolução, indicando 45° na linha de comando seguido de **Enter** para sancionar a acção.

Agora sim, usando a Geratriz torcida 45° e fazendo a sua revolução ao longo da Directriz e em torno do eixo, cria-se a superfície proposta e que se encontra na primeira imagem deste capítulo.

ESPESSURA DAS SUPERFÍCIES

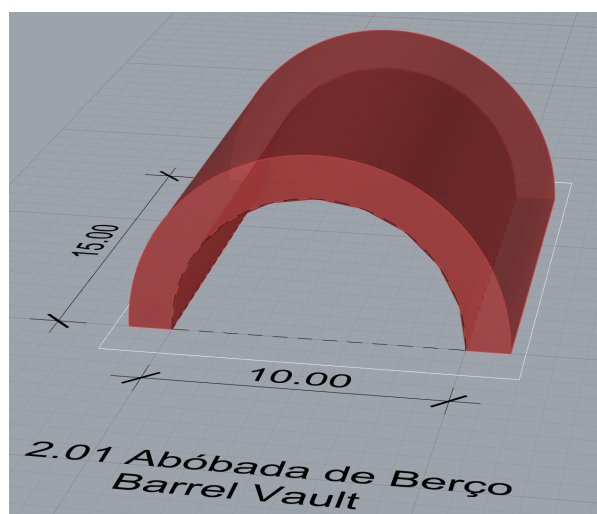
Embora o Rhino seja um programa que trabalha superfícies e não sólidos - o Autocad trabalha sólidos - é possível simular os sólidos através das superfícies das suas faces. Assim, se se quiser atribuir a espessura do material às abóbadas deve-se realizar a operação de **OffsetSrf** - *Offset Surface* - em que o Rhino cria uma nova superfície a uma dada distância e paralela à primeira.



Imag 24 - OffsetSrf sobre uma superfície

O comando **OffsetSrf** pede para seleccionar a superfície, e apresenta-a deste modo, em que as setas indicam a orientação da cópia a realizar.

O quadro de opções, ao lado, permite alterar a direcção da cópia, para fora ou para dentro da superfície em **Flip All**, e permite ainda, seleccionando a opção **Solid**, criar as faces que fecham as duas superfícies numa simulação de sólido. Distance recebe a distância entre superfícies.

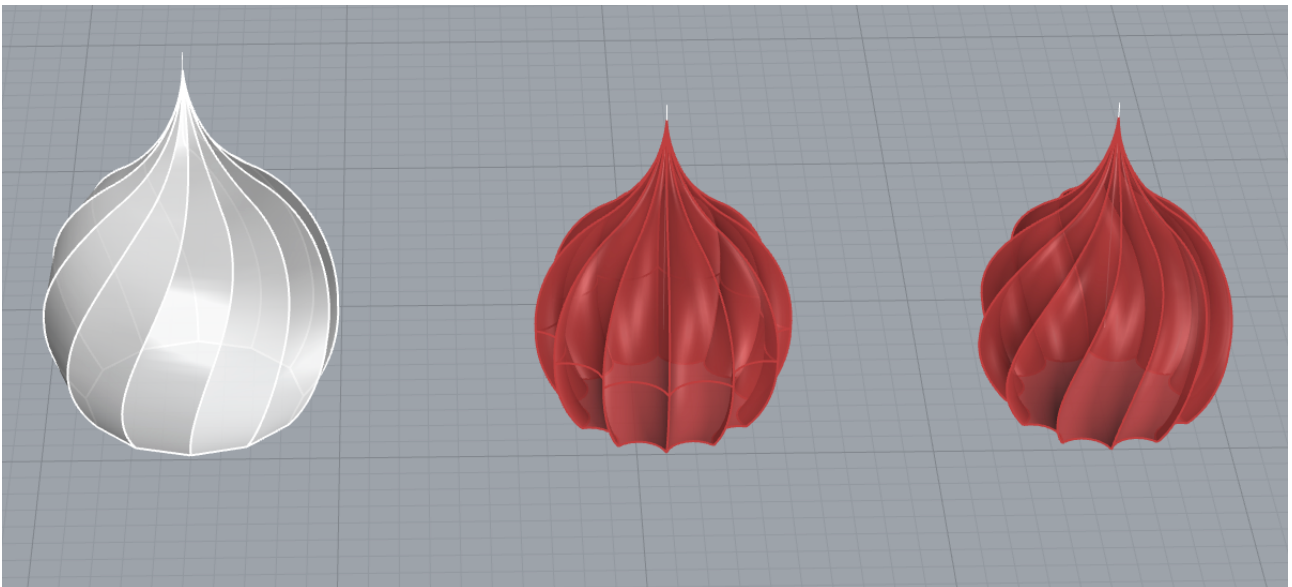


Imag 25 - Offset sólido de uma superfície

IMAGENS

IMG 1 - ACESSO EM 20260310 - [HTTPS://CAMINHOSDEPORTUGAL.COM/MOSTEIRO-DOS-JERONIMOS-APOGEU-DA-ARTE-MANUELINA/](https://caminhosdeportugal.com/mosteiro-dos-jeronimos-apogeu-da-arte-manuelina/)

TODAS AS OUTRAS IMAGENS SÃO DO AUTOR.



Imag 23 - Abóbadas Alveoladas de Bolbo - Alternativas com outra Directriz