

Modelação Geométrica e Generativa

20241250

FRANCISCO SALVADO



U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



FACULDADE DE ARQUITETURA
UNIVERSIDADE DE LISBOA

MGeG

Mestrado Integrado em Arquitectura
Ano Lectivo 2025-2026 1º Semestre
Docente - Nuno Alão 4º Ano

ÍNDICE

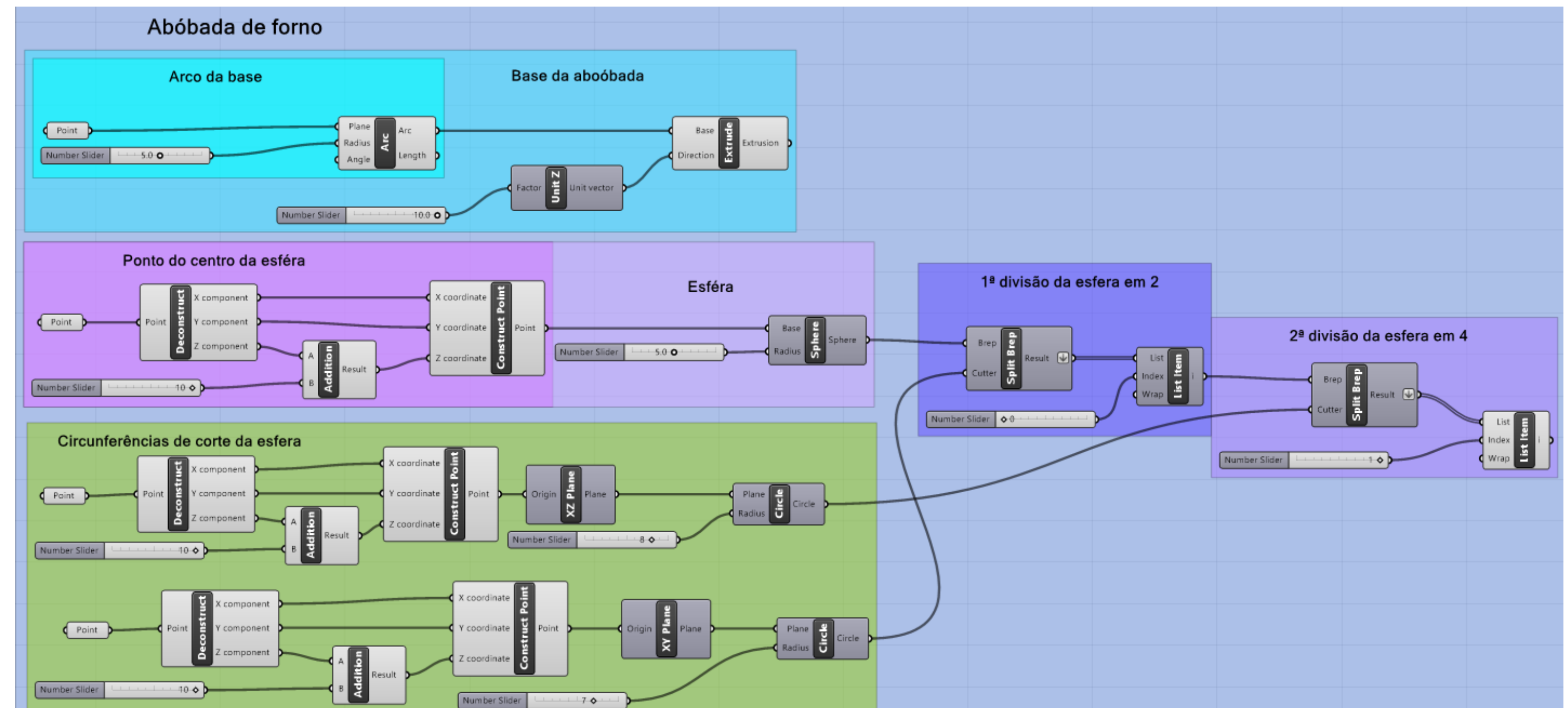
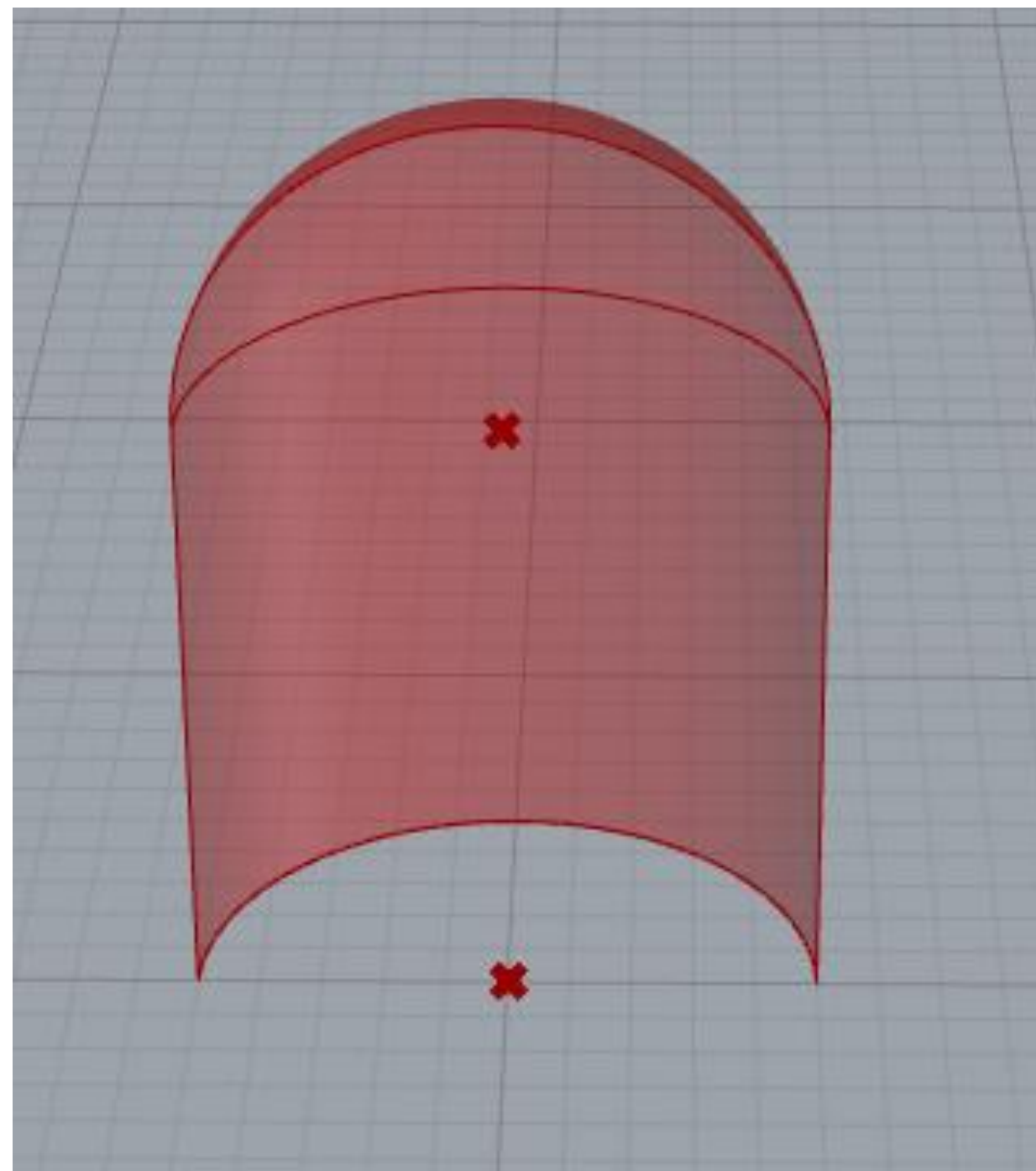
Exercício 2 –Abóbadas no GrassHopper-----	3 – 51
---	--------

Início do Exercício 2

Abóbadas no GrassHopper

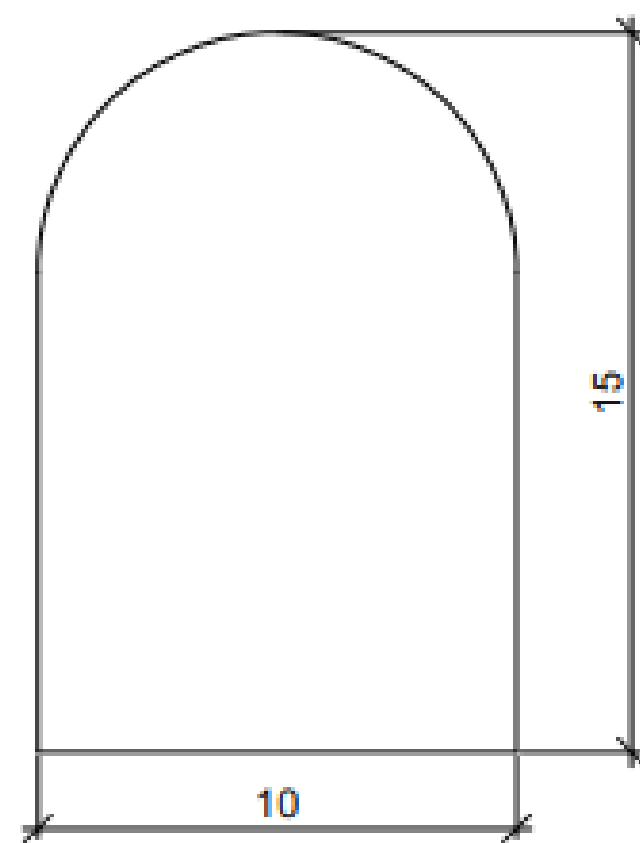
Abóbada de forno :

1. Fazer a Abóbada de Berço vertical
2. Fazer uma esfera
3. Dividir a esfera em 4 partes
 - 3.1) Marcar as circunferências de divisão da esfera
 - 3.2) Dividir a esfera

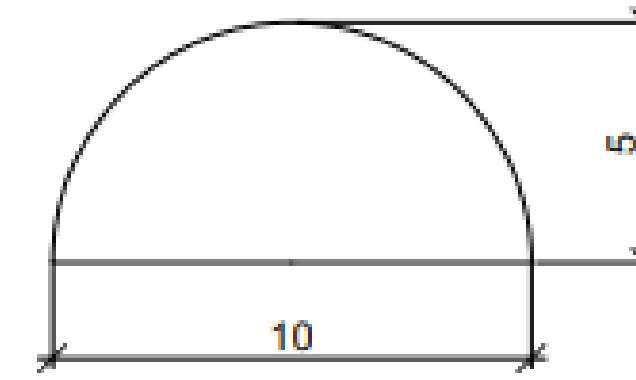


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

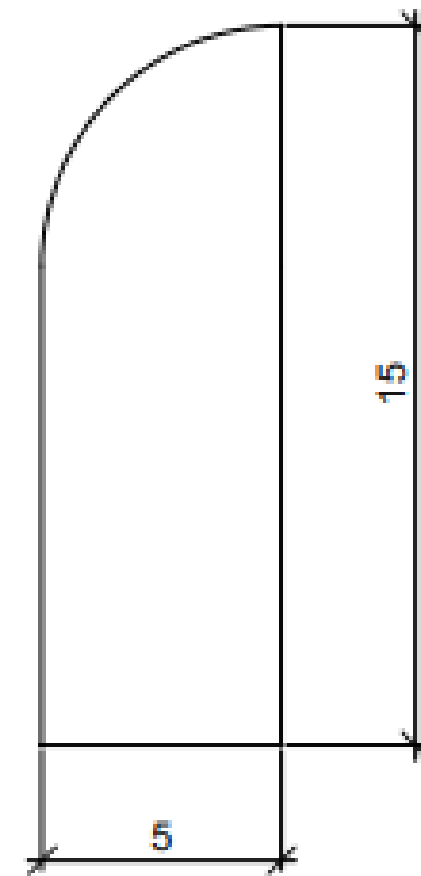
Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



Perspectiva

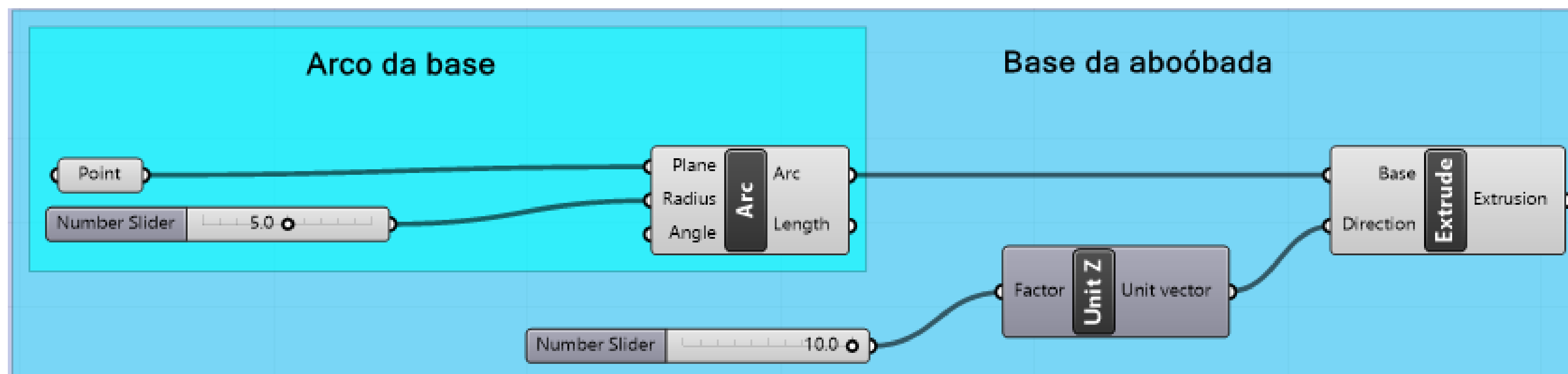


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de forno :

1. Fazer a Abóbada de Berço vertical:

- 1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando “**Point**”;
- 1.2) Com o comando “**Arc**” fazer o arco da base da abóbada no ponto marcado e dando-lhe um raio utilizando um “**Number Slider**”;
- 1.3) Indicar o eixo onde o arco se vai desenvolver como comando “**Unit Z**” e um “**Number Slider**”;
- 1.4) Utilizar o comando “**Extrude**” para criar a abóbada;

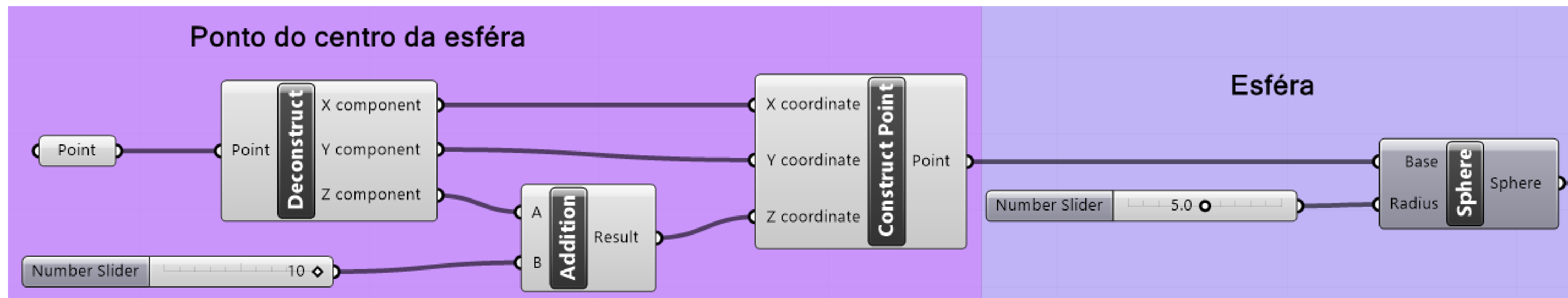


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de forno :

2. Fazer uma esfera:

- 2.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;
- 2.2) Alterar as coordenadas do ponto através dos comandos “**Deconstruct**” (para desconstruir o ponto), “**Addition**” (que faz contas de soma tendo em conta os dados apresentados anteriormente), “**Construct Point**” (que reconstroi o ponto tendo em conta as equações efetuadas) e um “**Number Slider**”;
- 2.3) Construir a esfera com o comando “**Sphere**” e um “**Number Slider**” para lhe dar um raio



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de forno :

3 Dividir a esfera em 4 partes

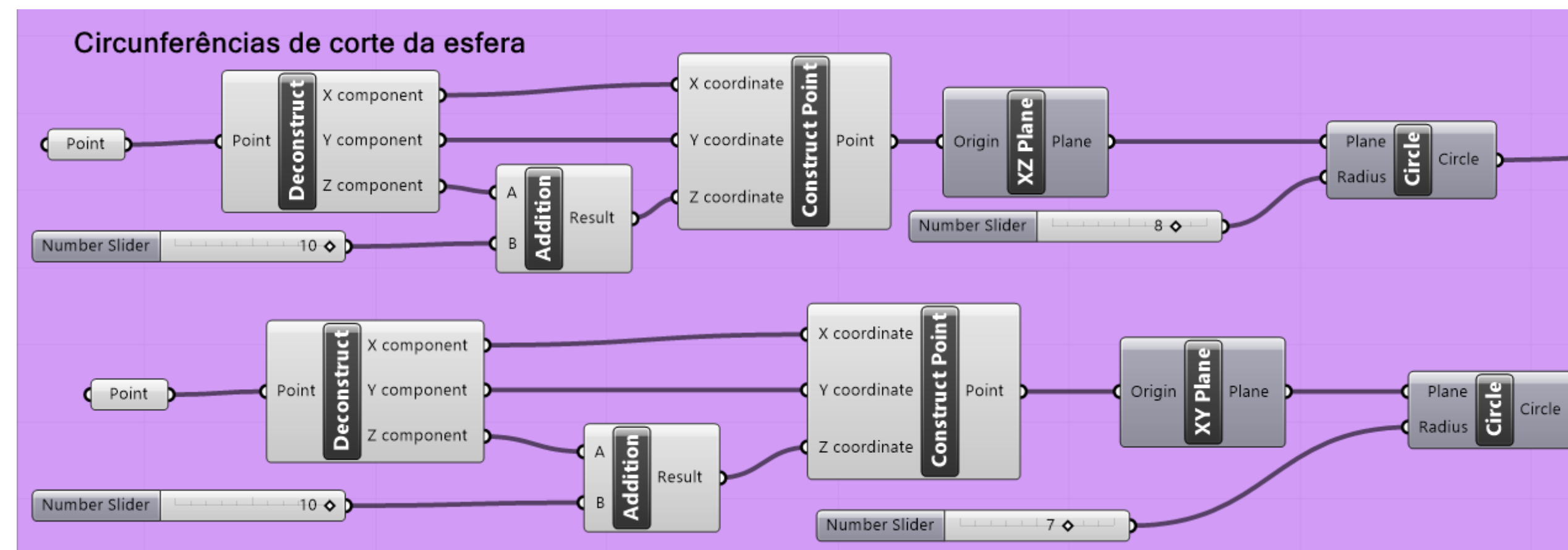
3.1) Marcar as circunferências de divisão da esfera:

3.1.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

3.1.2) Alterar as coordenadas do ponto através dos comandos “**Deconstruct**” (para desconstruir o ponto), “**Addition**” (que faz contas de soma tendo em conta os dados apresentados anteriormente), “**Construct Point**” (que reconstrói o ponto tendo em conta as equações efetuadas), e “**Number Slider’s**”;

3.1.3) Após reconstruir os pontos utilizar os comandos “**XZ Plane**” e “**XY Plane**” para indicar os planos em que as circunferências se vão desenvolver

3.1.4) Utilizar o commando “**Circle**” juntamente com “**Number Slider’s**” para marcar o Circulo e o seu raio)



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de forno :

3 Dividir a esfera em 4 partes

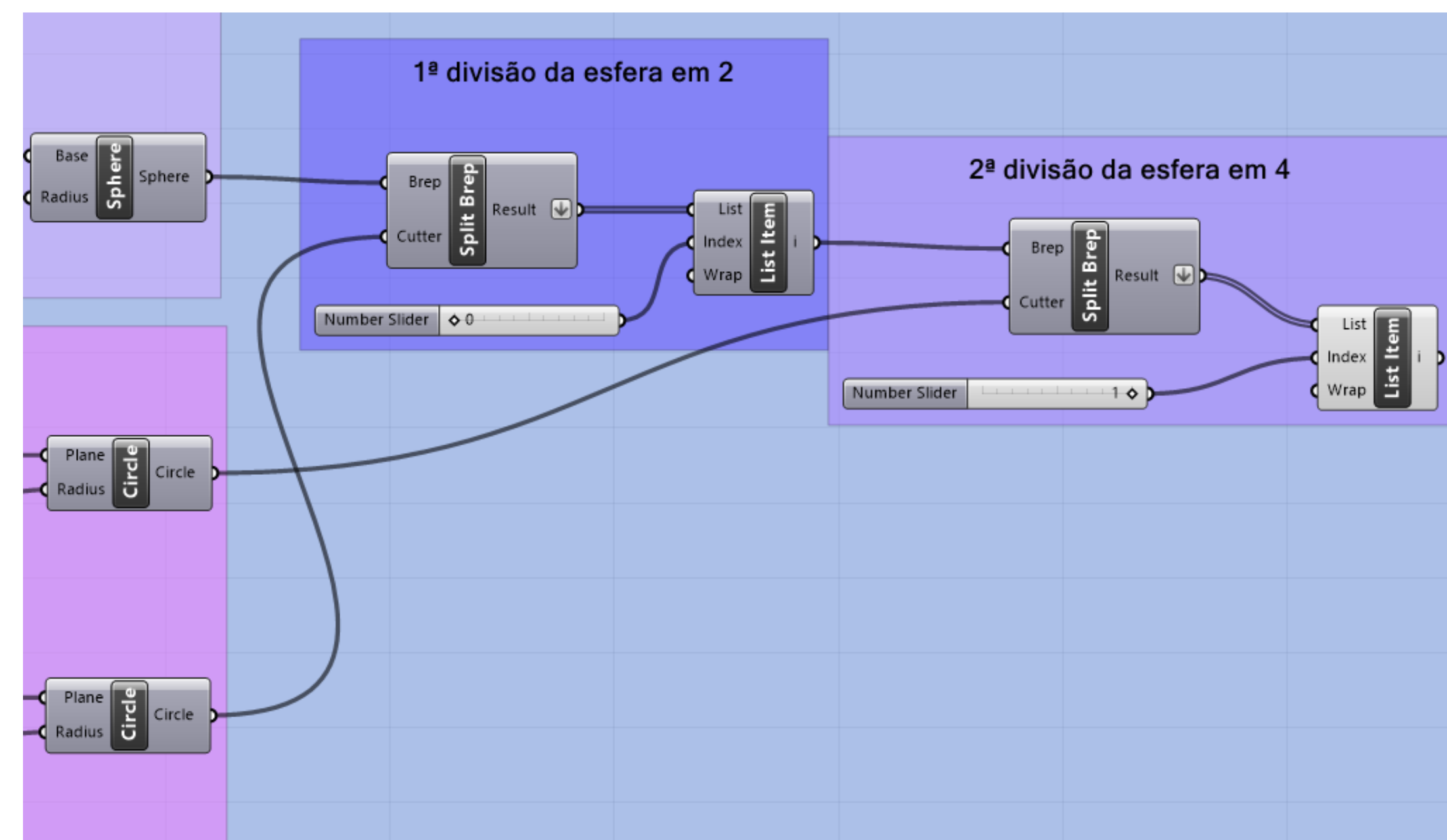
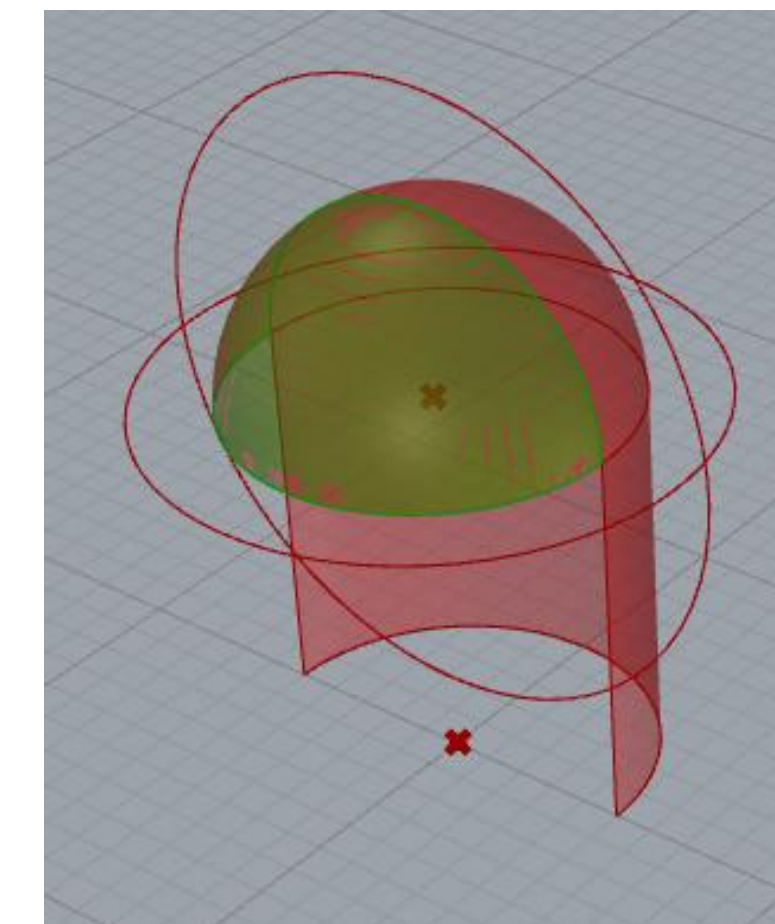
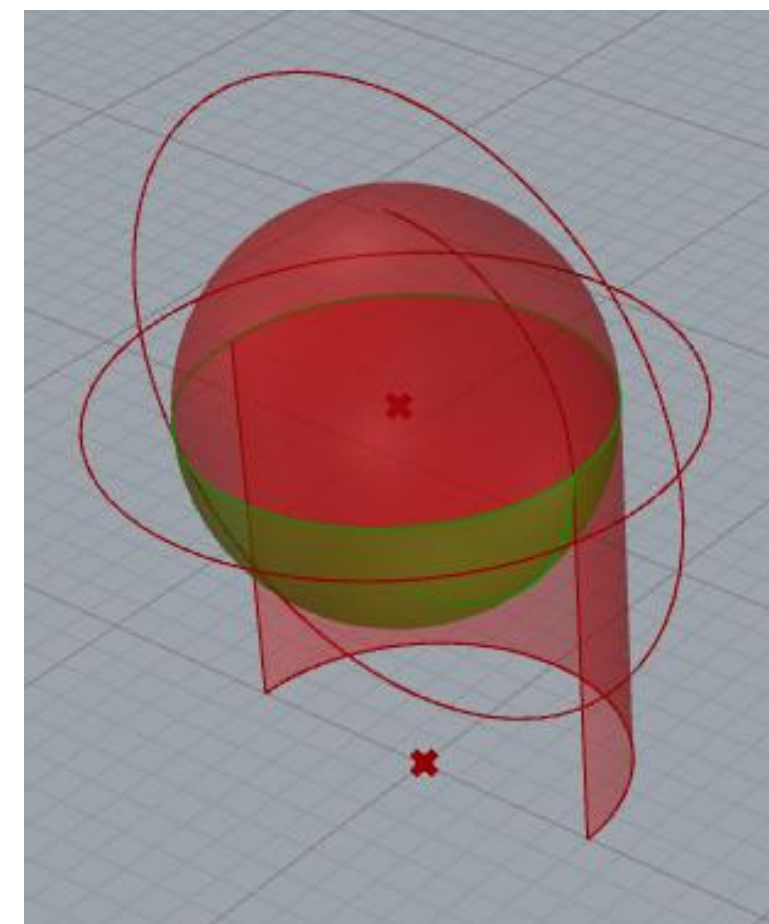
3.2) Dividir a esfera:

3.2.1) Utilizar o comando “**Split Brep**” para dividir a esfera;

3.2.2) Utilizar o “**List Item**” para criar uma saída e escolher qual das faces da esfera é que se quer;

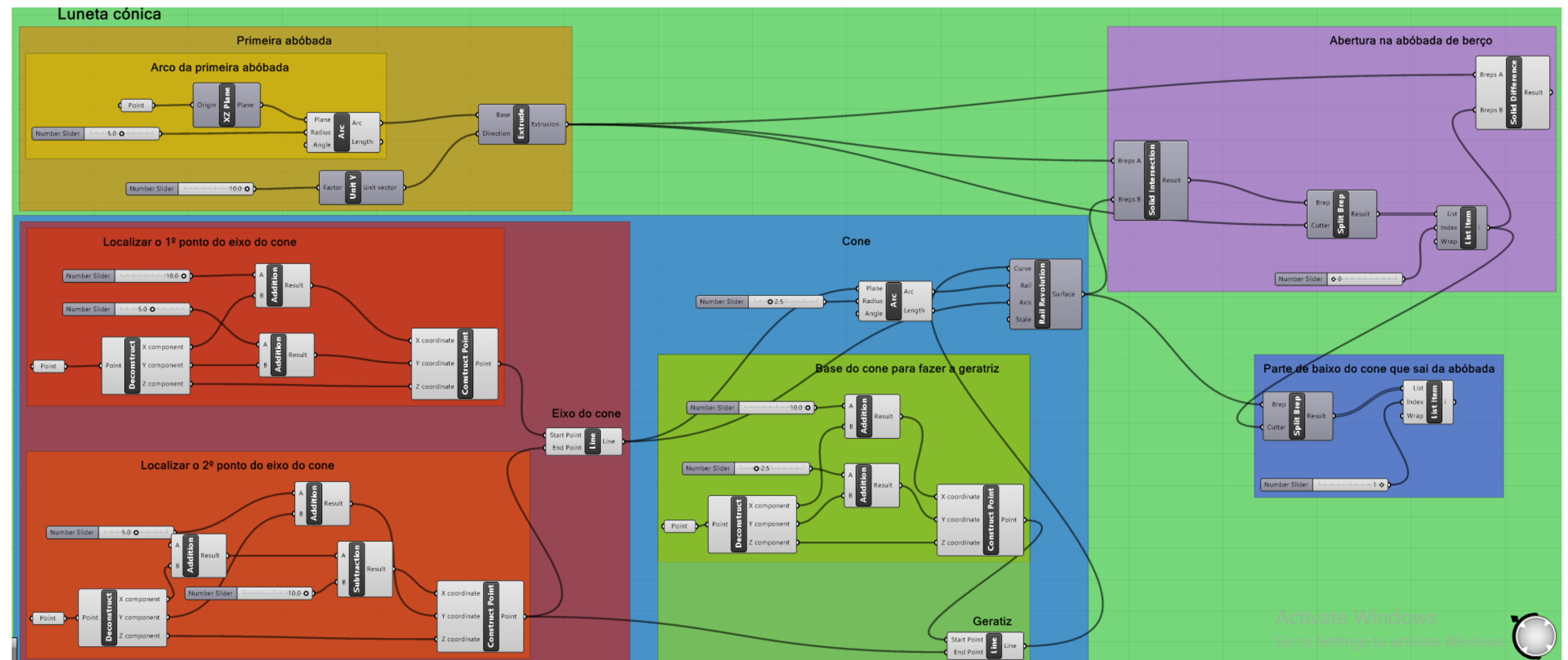
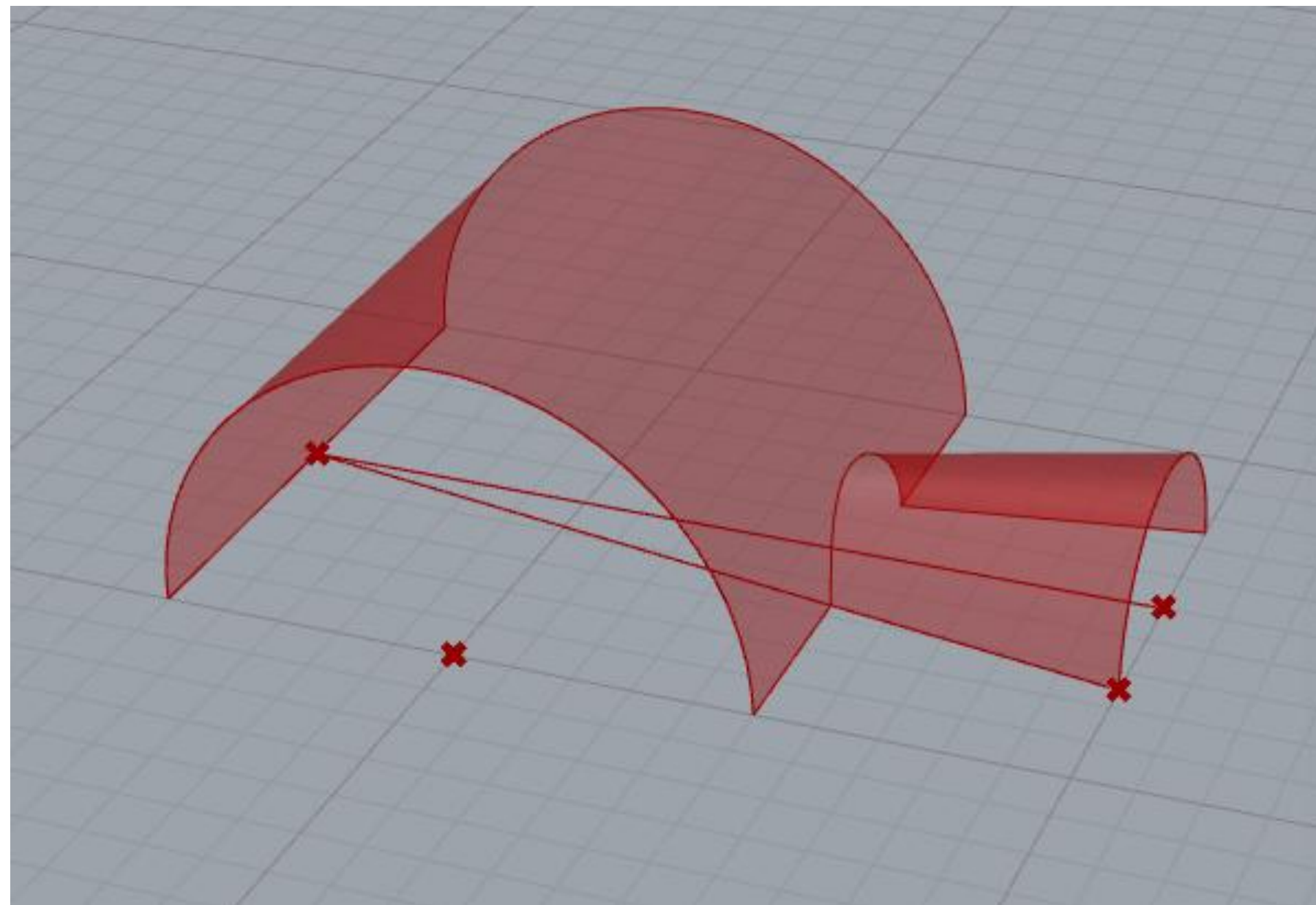
3.2.3) Utilizar um “**Number Slider**” com 0 e 1 para escolher mais especificamente a face que se quer;

3.2.4) Repetir o processo mais uma vez para dividir a esfera em 4, de modo a ficar com a abóbada de forno

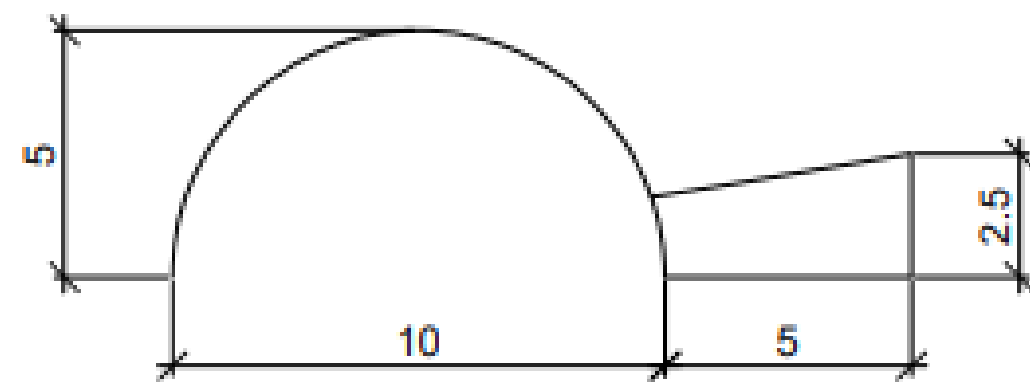


Luneta cônica:

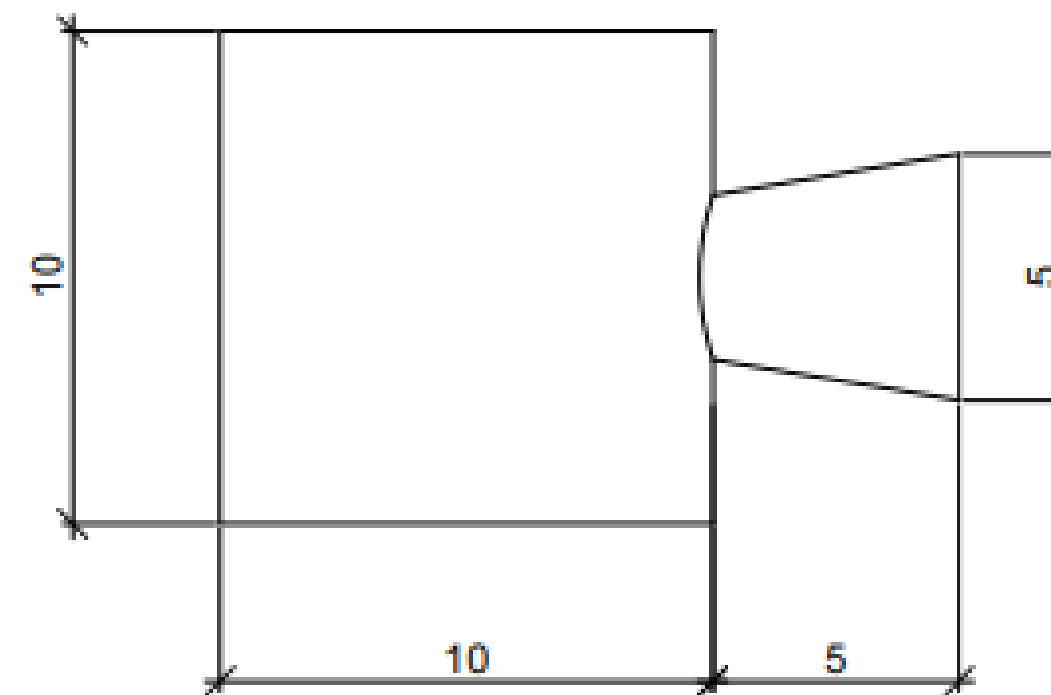
1. Fazer a Abóbada de Berço
2. Fazer o cone:
 - 2.1) Marcar o 1º ponto do eixo do cone
 - 2.2) Marcar o 2º ponto do eixo do cone
 - 2.3) Marcar o arco para a base do cone
 - 2.4) Marcar a geratriz do cone
 - 2.5) Marcar o cone
3. Fazer a interseção entre a abóbada de berço e o cone
4. Deixar apenas a parte mais baixa do cone



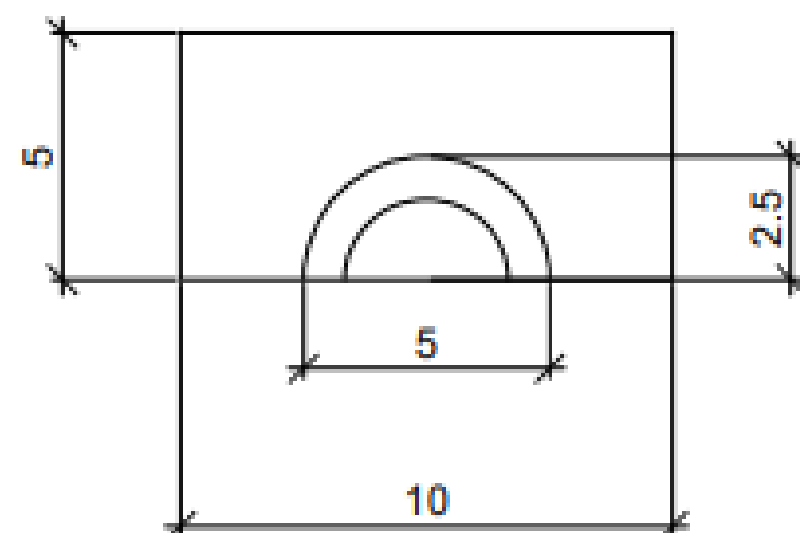
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper



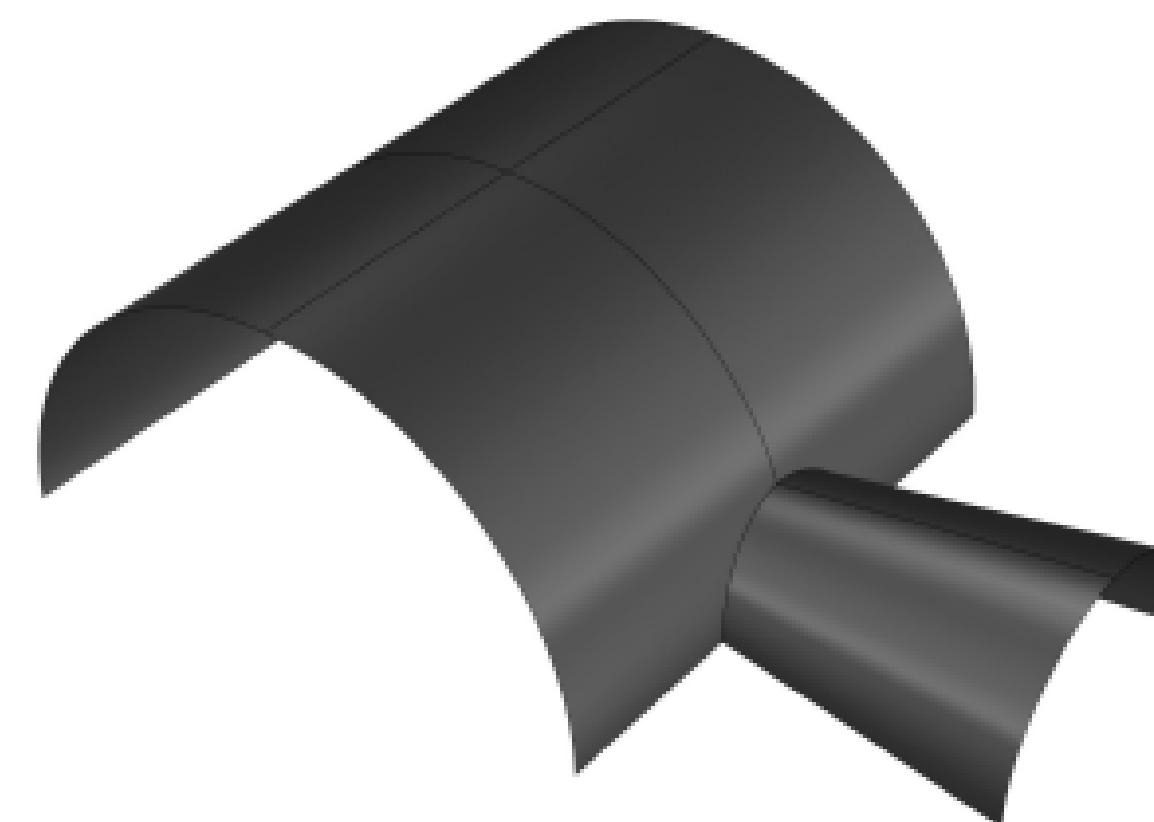
Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



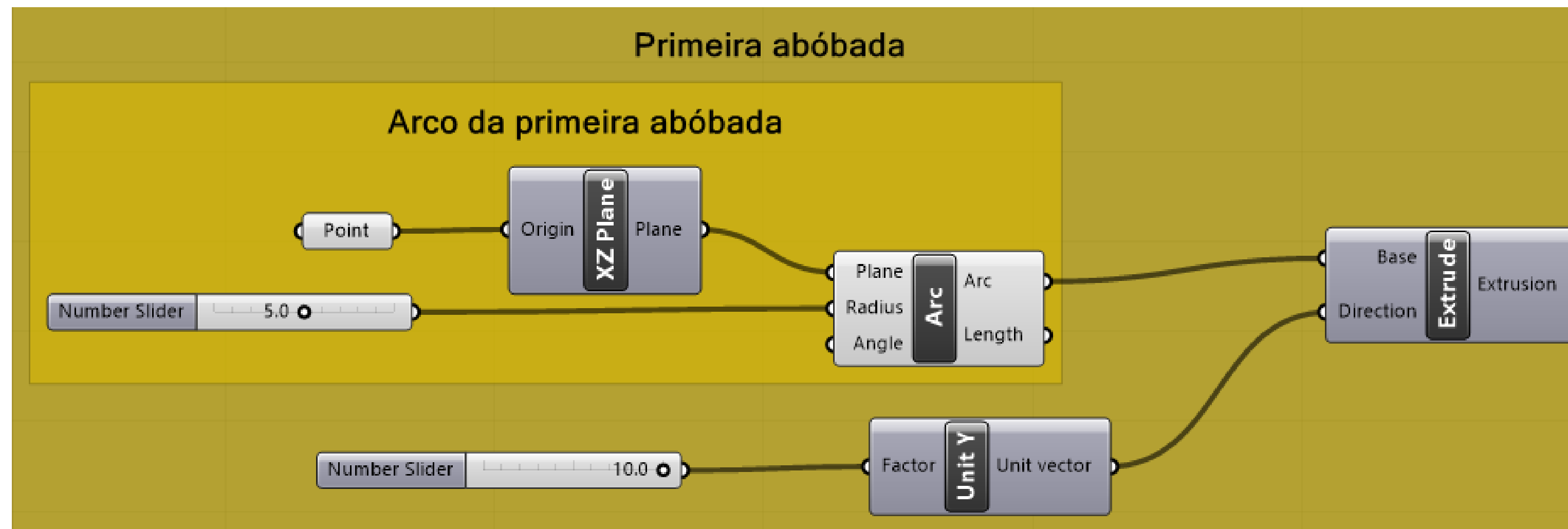
Perspectiva

Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cônica:

1 Fazer a Abóbada de Berço

- 1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando “**Point**”;
- 1.2) Com o comando “**Arc**” fazer o arco da base da abóbada no plano XZ utilizando o commando “**XZ Plane**” no ponto marcado e dando-lhe um raio utilizando um “**Number Slider**”;
- 1.3) Indicar o eixo onde o arco se vai desenvolver como comando “**Unit Y**” e um “**Number Slider**”;
- 1.4) Utilizar o comando “**Extrude**” para criar a abóbada;



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

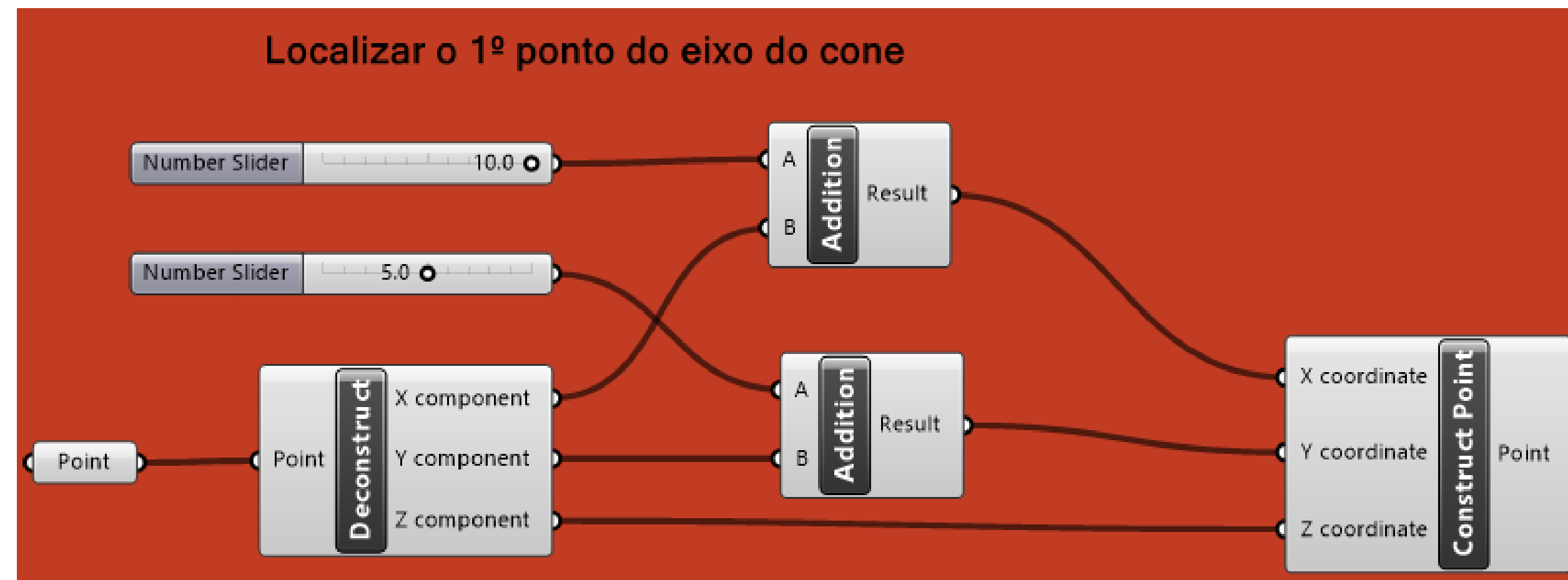
Luneta Cônica:

2 Fazer o cone

2.1) Marcar o 1º ponto do eixo do cone

2.1.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

2.1.2) Alterar as coordenadas do ponto através dos comandos “**Deconstruct**” (para desconstruir o ponto), “**Addition's**” (que faz contas de soma tendo em conta os dados apresentados anteriormente), “**Construct Point**” (que reconstroi o ponto tendo em conta as equações efetuadas) e um “**Number Slider's**”



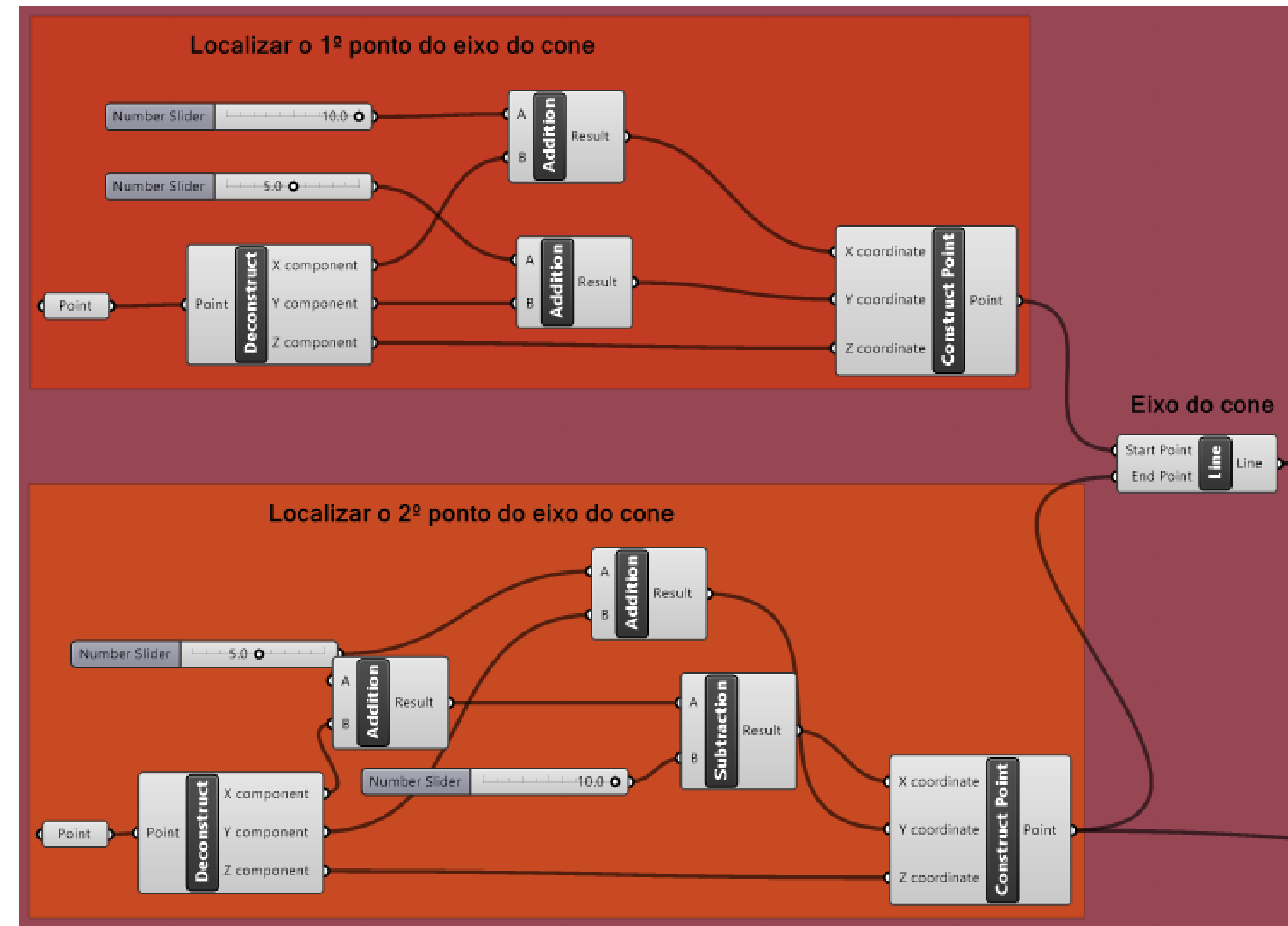
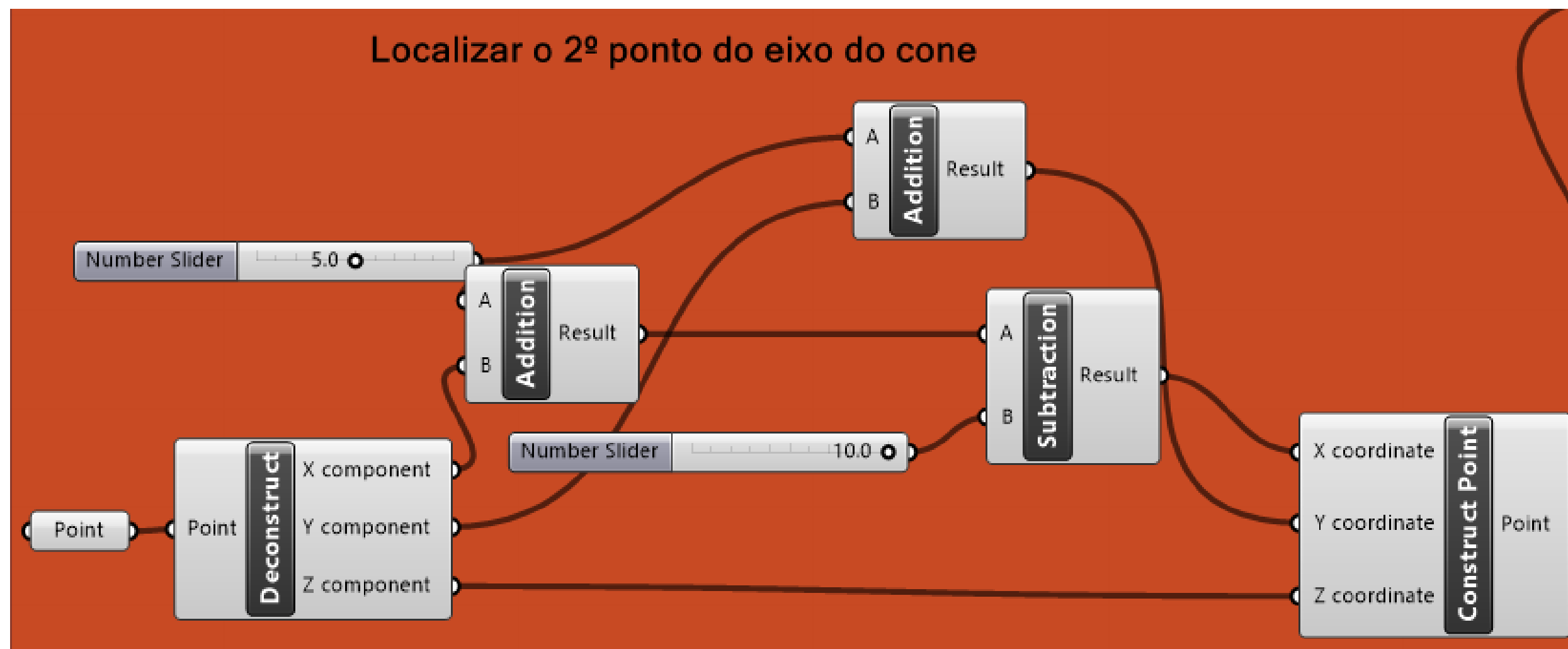
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cônica:

2 Fazer o cone

2.2) Marcar o 2º ponto do eixo do cone

2.2.1) **Repetir o processo** do passo anterior (desconstruir e reconstruir o ponto, mas desta vez utilizando não só os comandos anteriores mas também o “**Subtract**” que faz contas de subtrair tendo em conta os dados apresentados anteriormente)



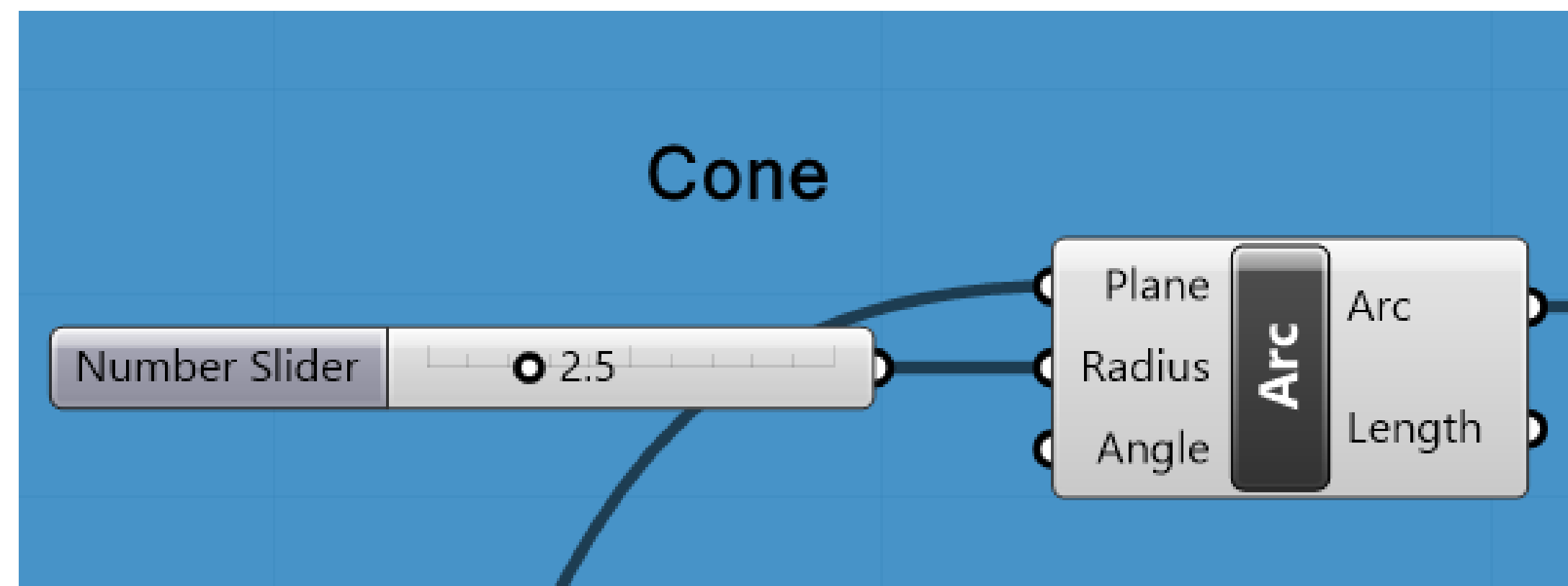
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cónica:

2 Fazer o cone

2.3) Marcar Arco para a base do cone

2.3.1) Utilizar comando “**Arc**” unindo o eixo do cone como “Plane” e acrescentando um “Number Slider” para dar um raio ao arco



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cônica:

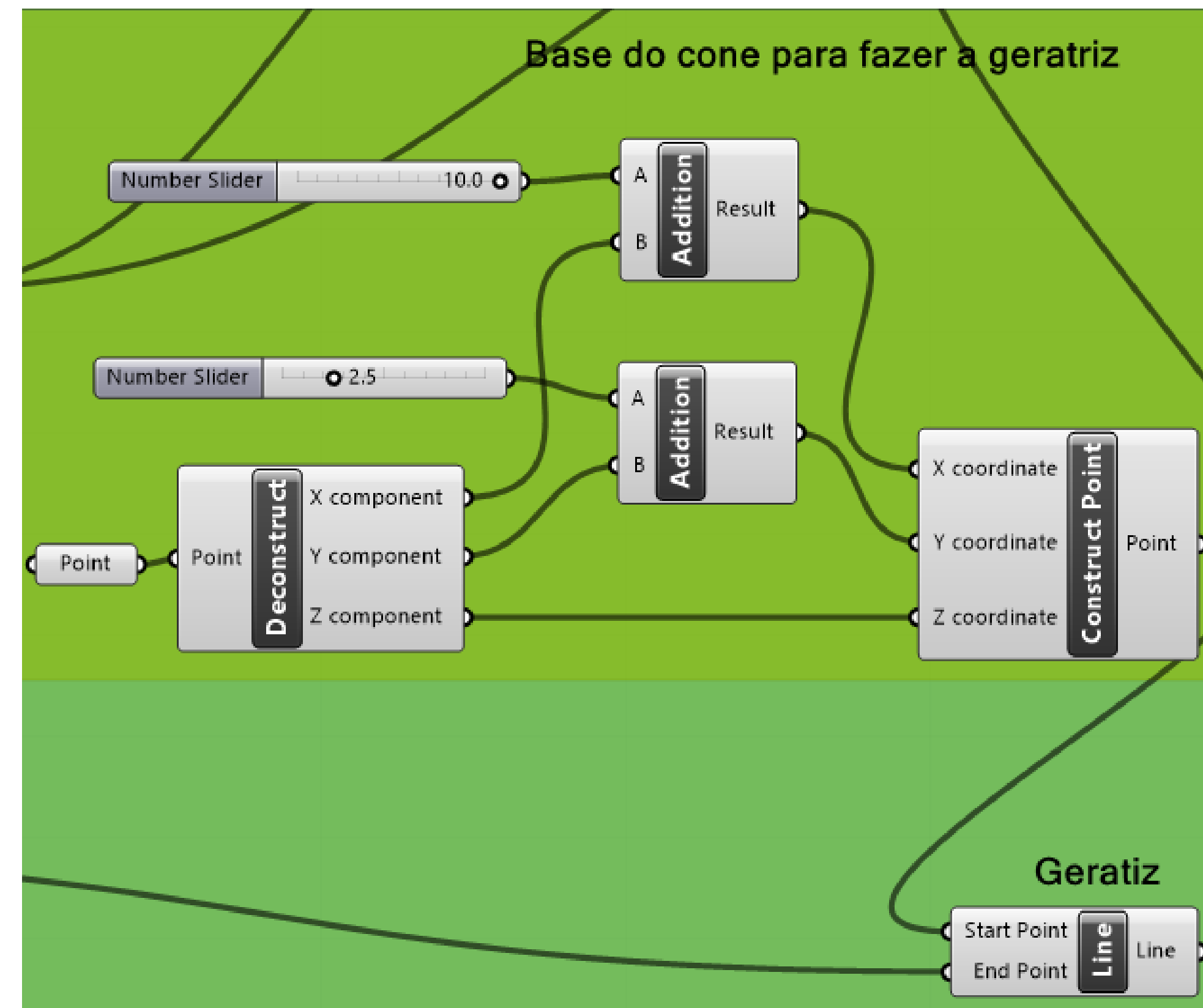
2 Fazer o cone

2.4) Marcar a geratriz do cone

2.4.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

2.4.2) Repetir o processo do passo anterior de destruir e reconstruir o ponto;

2.4.3) Utilizar o commando “**Line**” para fazer a geratriz (unindo o “2º Ponto” e o ponto da “Base do cone para fazer a geratriz”)



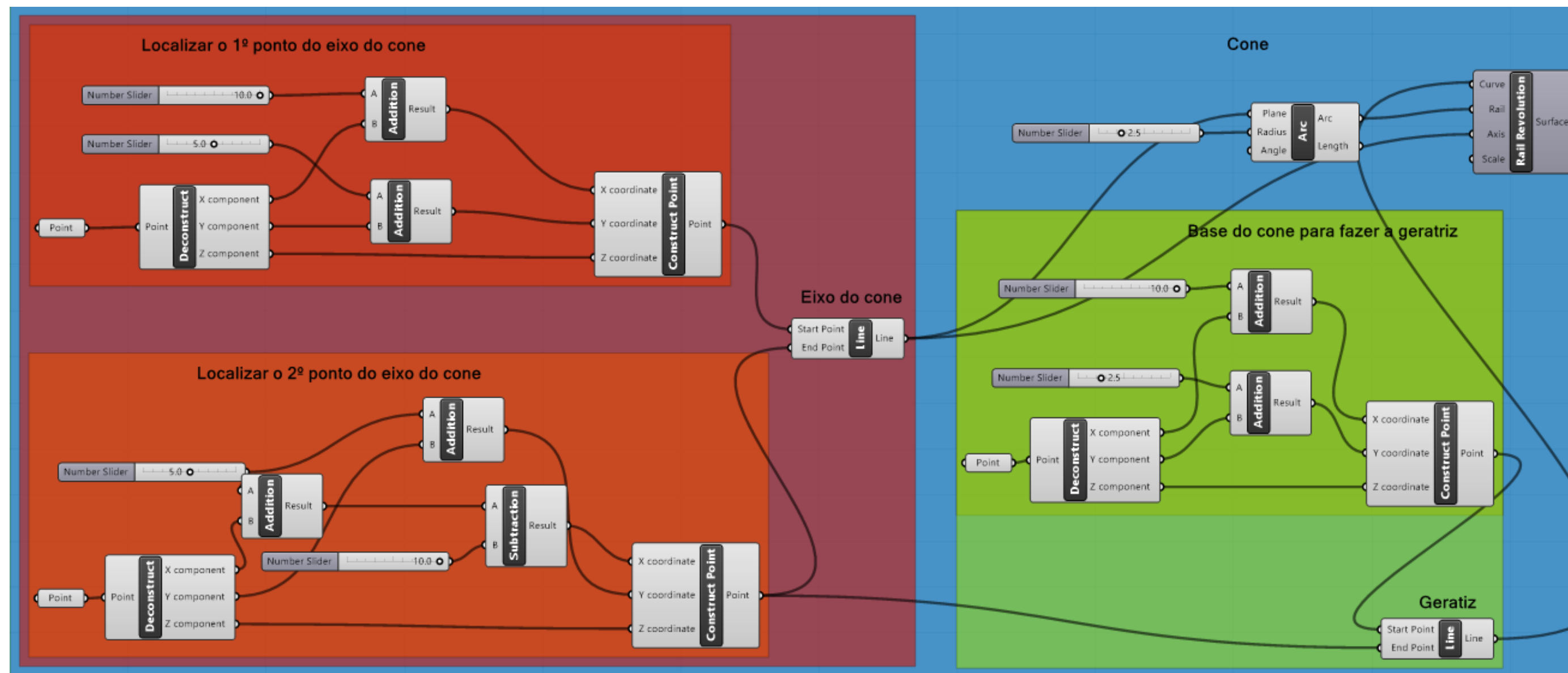
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cônica:

2 Fazer o cone

2.5) Marcar o cone

2.5.1) Utilizar o commando “**Rail Revolution**” dando como “Curve” a Geratriz, como “Rail” o arco do cone, e como “Axis” o eixo do cone



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

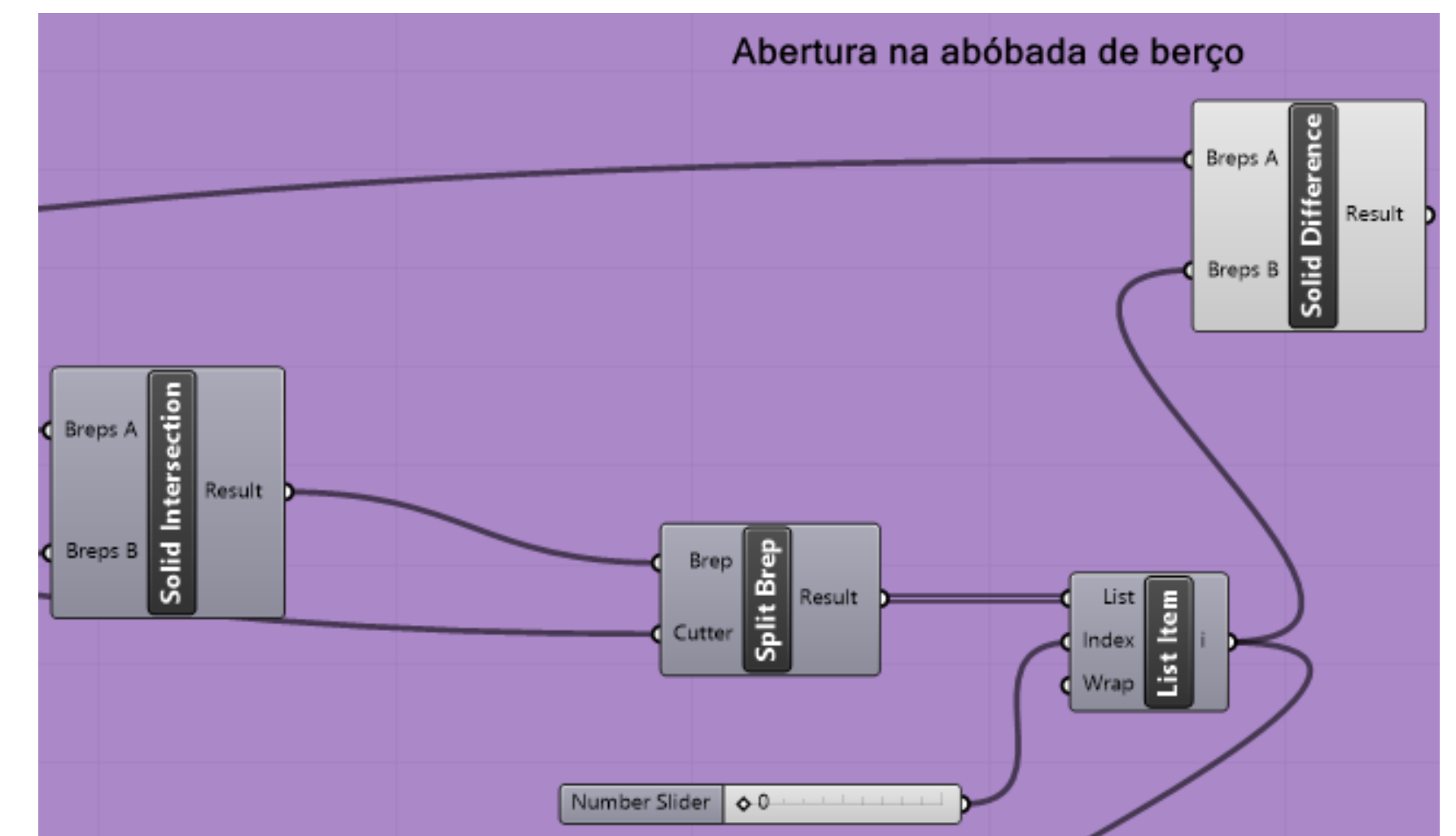
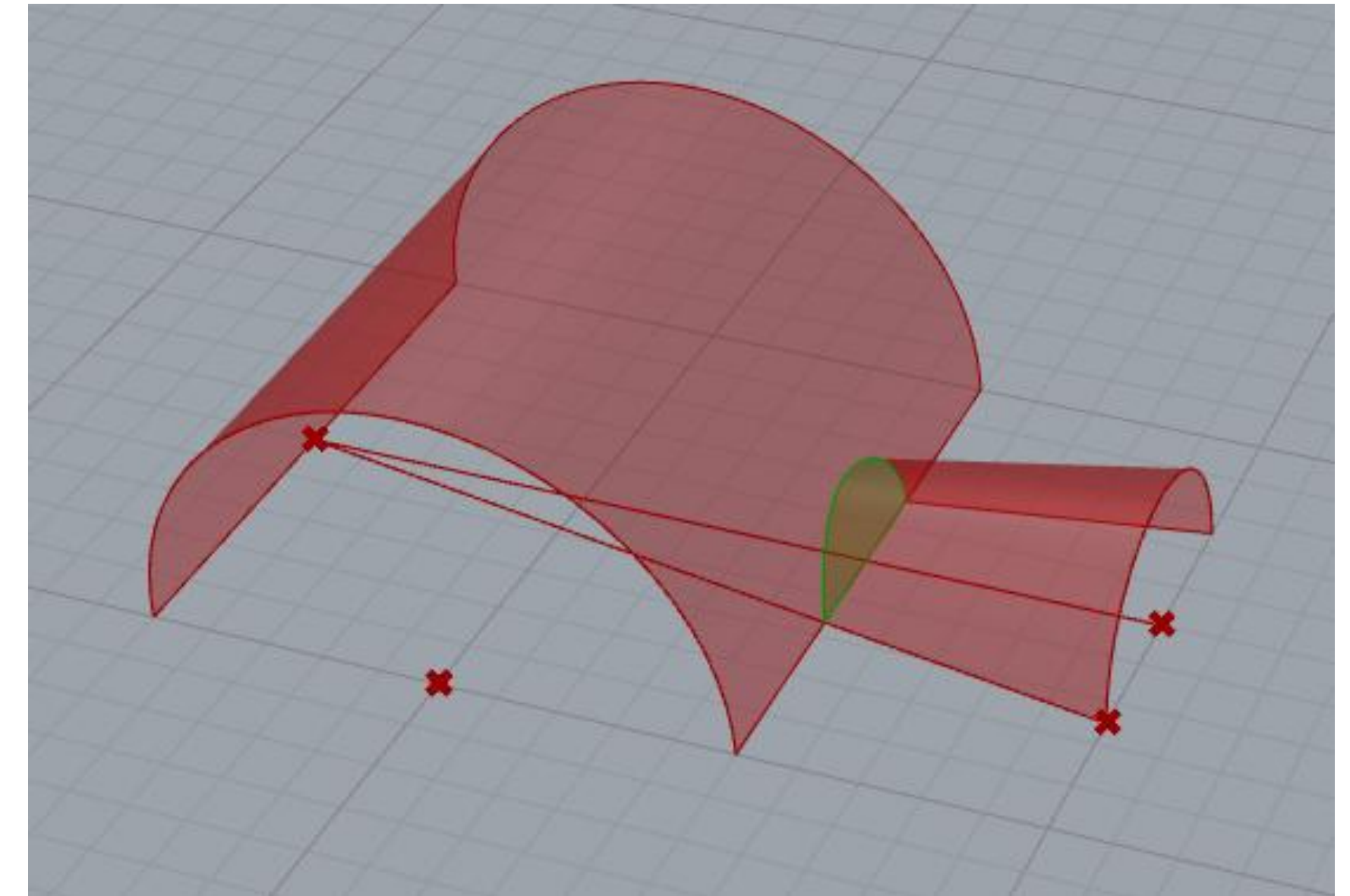
Luneta Cônica:

3 Fazer a interseção entre a abóbada de berço e o cone

3.1) Fazer a interseção entre a abóbada e o cone, utilizando o commando “**Solid Intersection**”, dando origem a uma linha de intreseção;

3.2) Utilizar o “**Brep Split**” para fazer o secção da abódada de berço;

3.3) Por fim utilizar o comando “**Solid Difference**” de modo a ficar apenas com a abóbada de berço seccionada



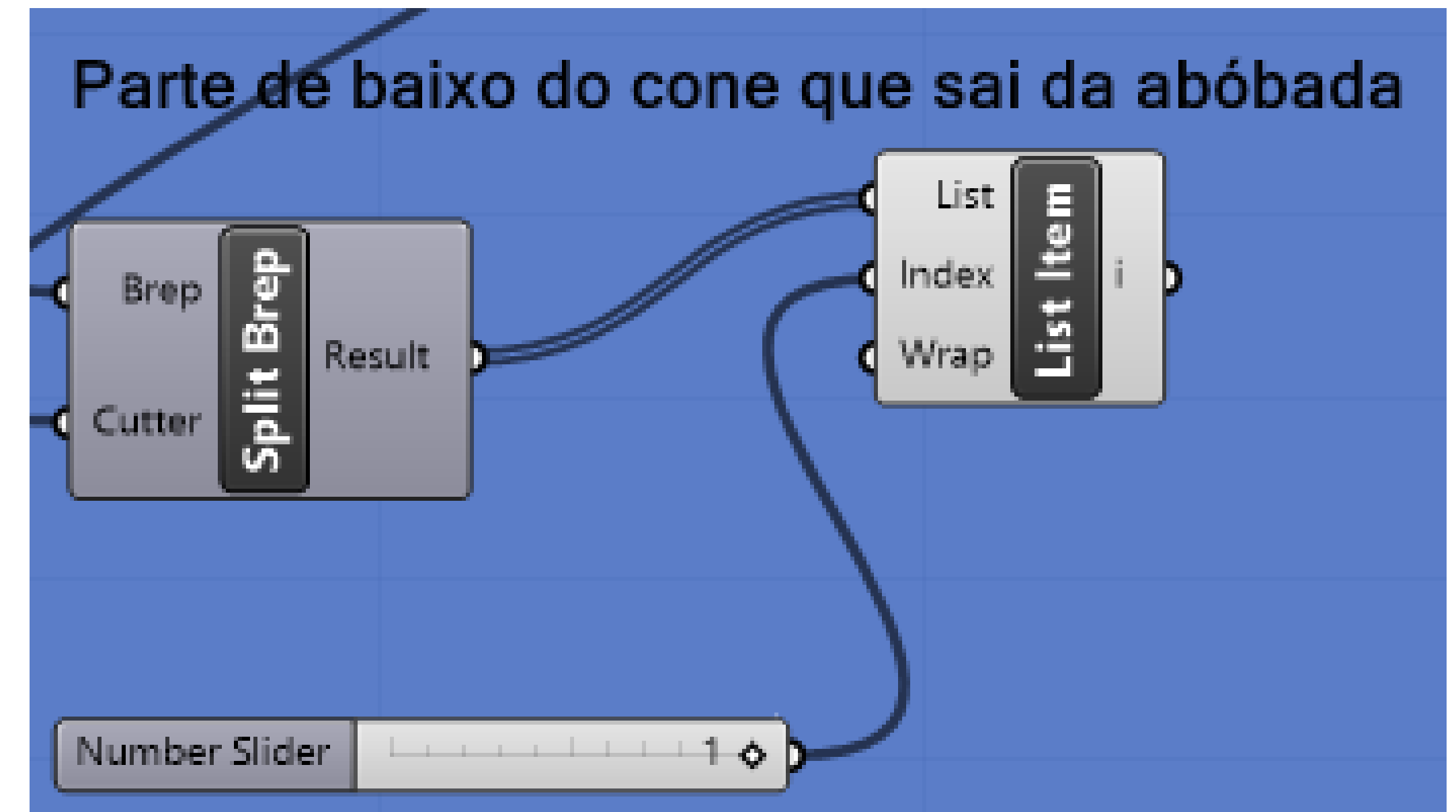
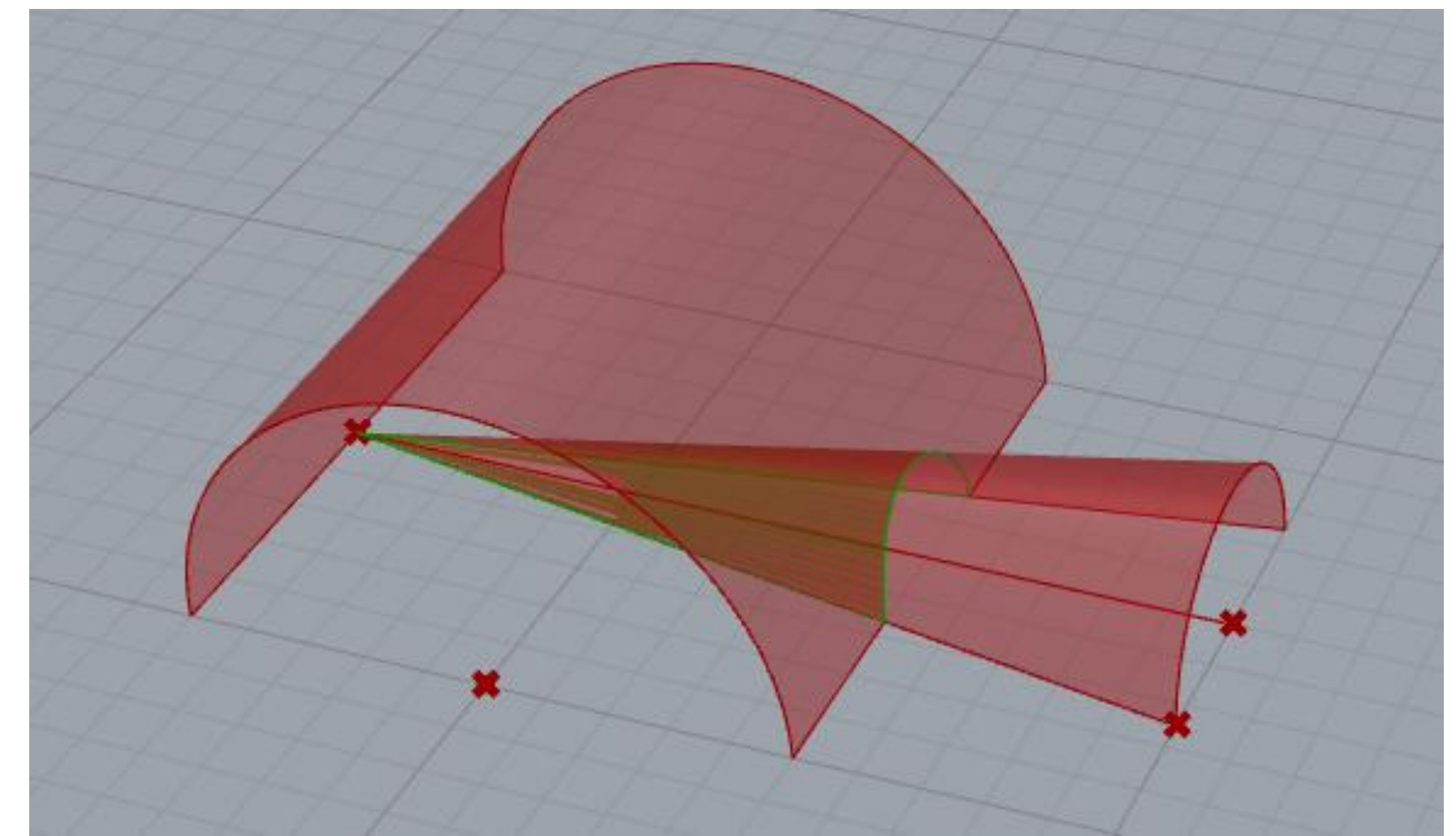
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Luneta Cônica:

4 Deixar apenas a parte mais baixa do cone

4.1) A partir do “Rail Revolution” utilizado para criar o cone faz-se uma secção do mesmo a partir da curva criada pelo “Solid Intersection”;

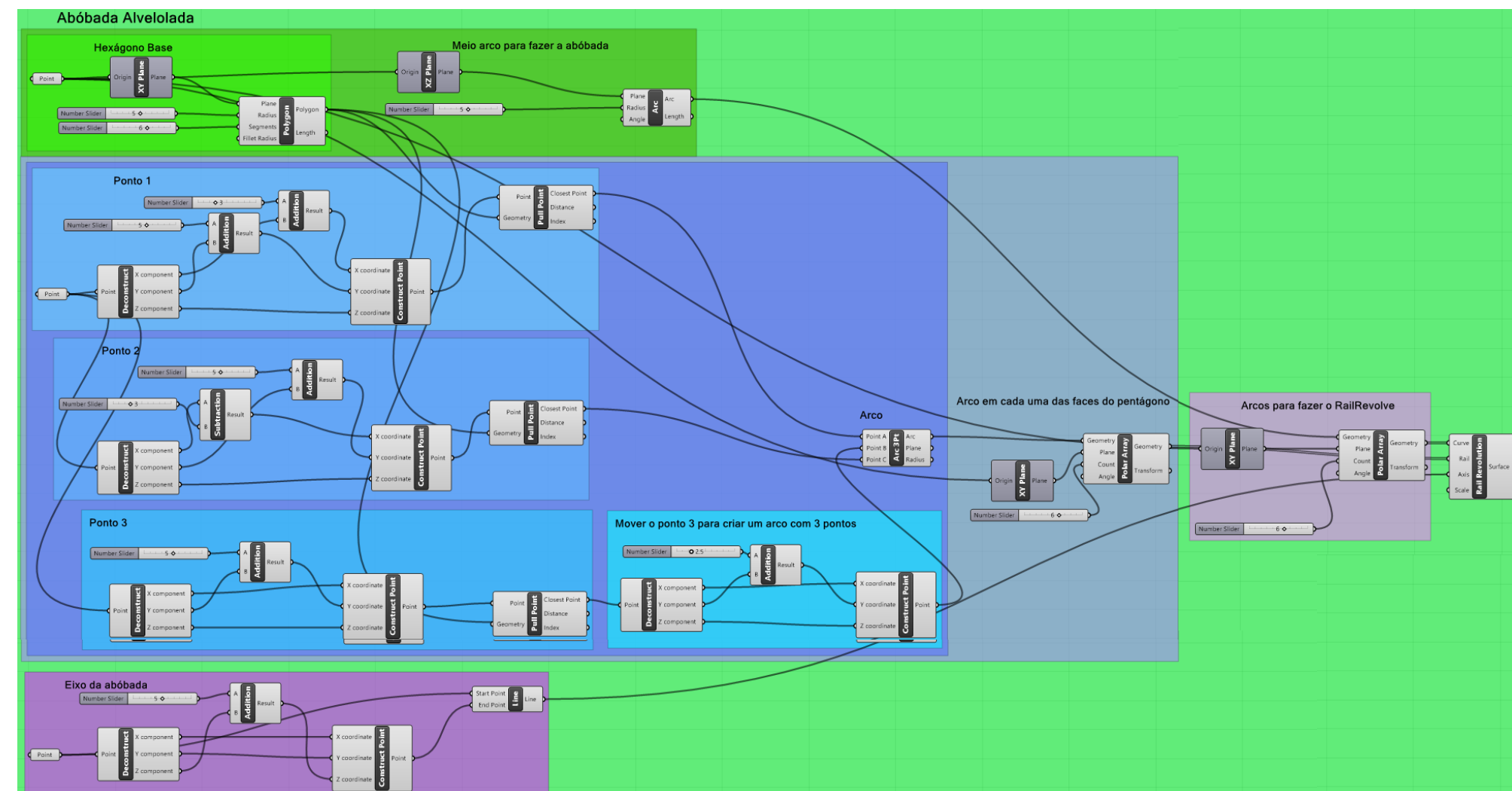
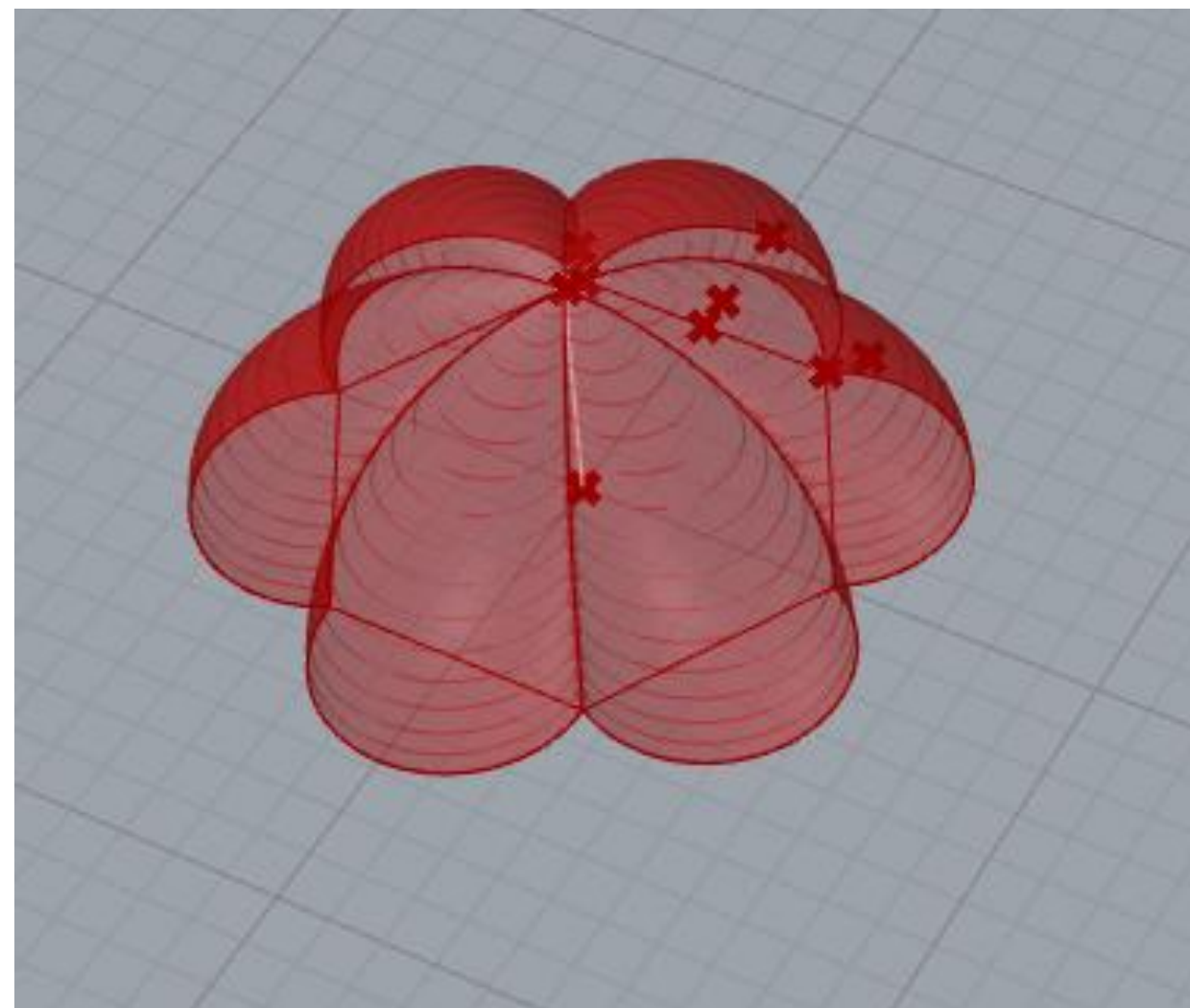
4.2) Utilizar o comando “**Split Brep**” para dividir o cone em 2 partes deixando apenas a parte inferior



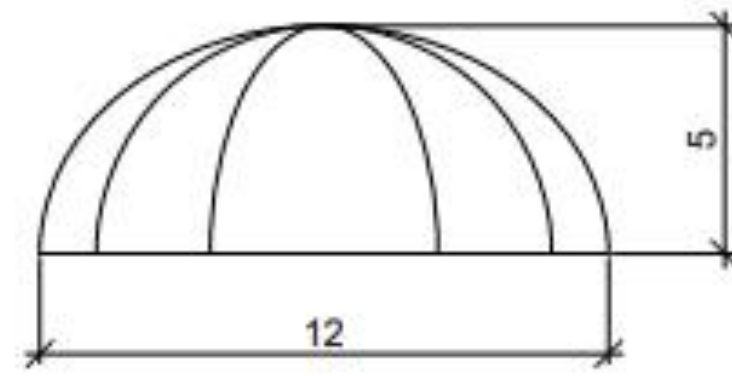
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

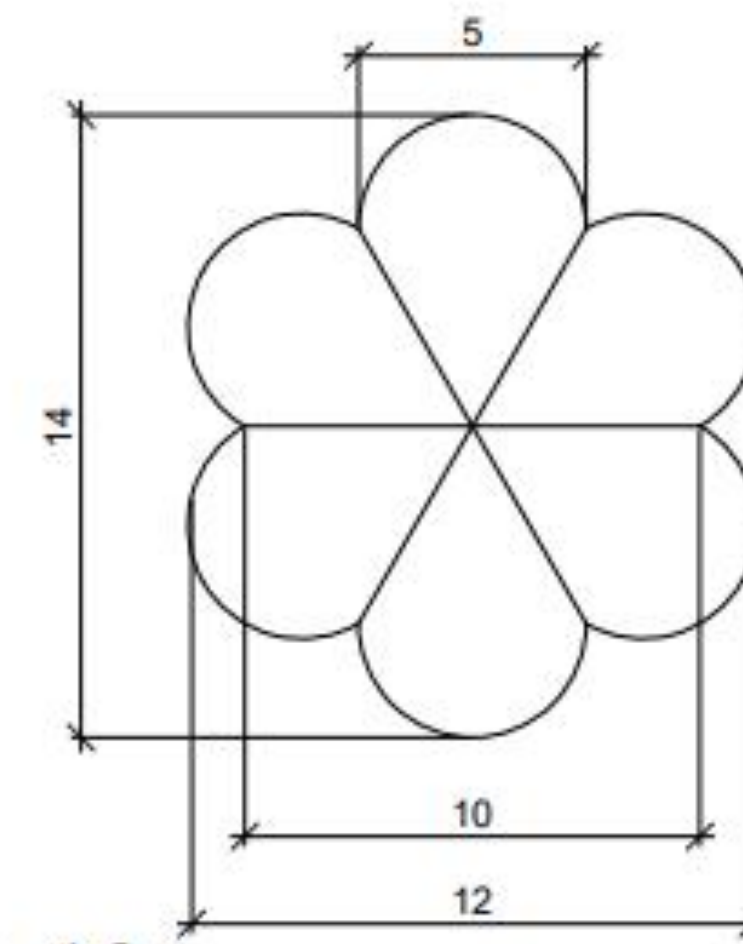
1. Marcar o hexágono de base da abóbada
2. Marcar elementos para fazer a base das alvelolas da abóbada
 - 2.1) Marcar os pontos
 - 2.2) Fazer arco com três pontos
 - 2.3) Marcar os arcos em todos os lados do hexágono
3. Marcar o eixo da abóbada
4. Marcar o eixo em que os alvelolos se vão desenvolver
 - 4.1) Marcar o meio arco
 - 4.2) Marcar os meio arcos em todos os vértices do hexágono
5. Fazer a abóbada



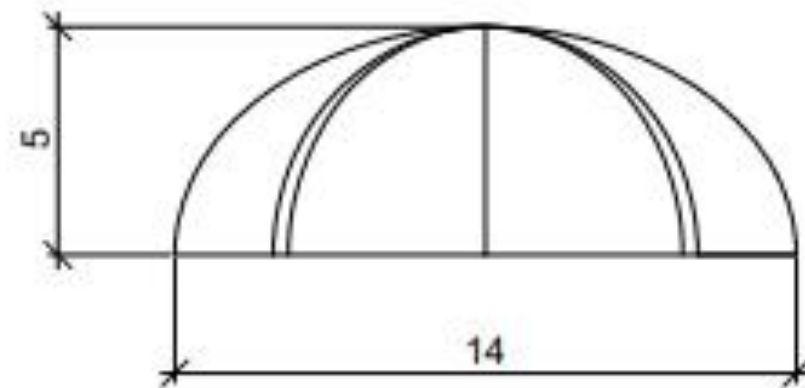
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper



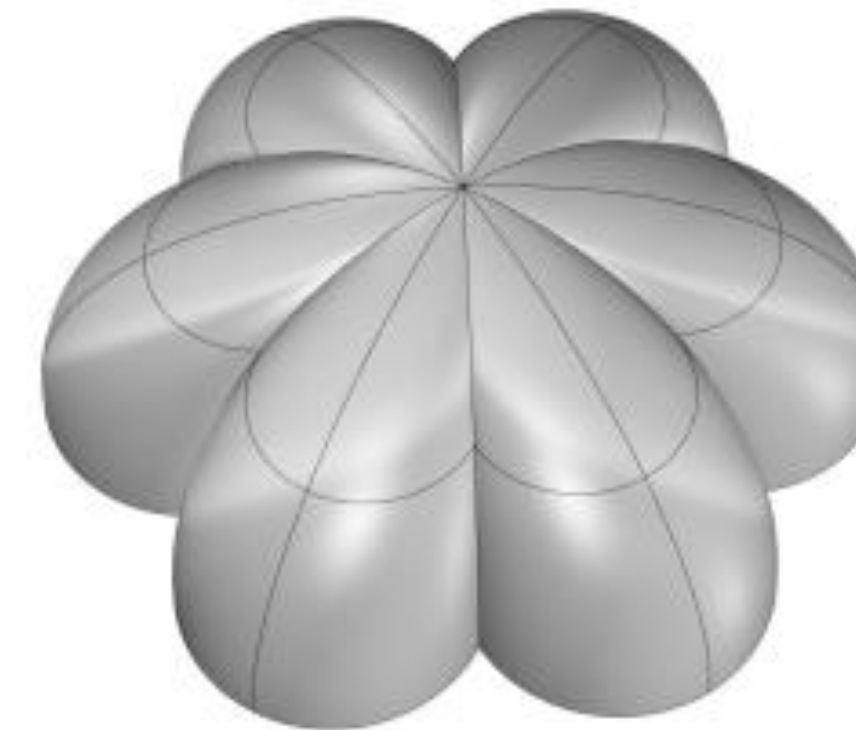
Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



Perspectiva

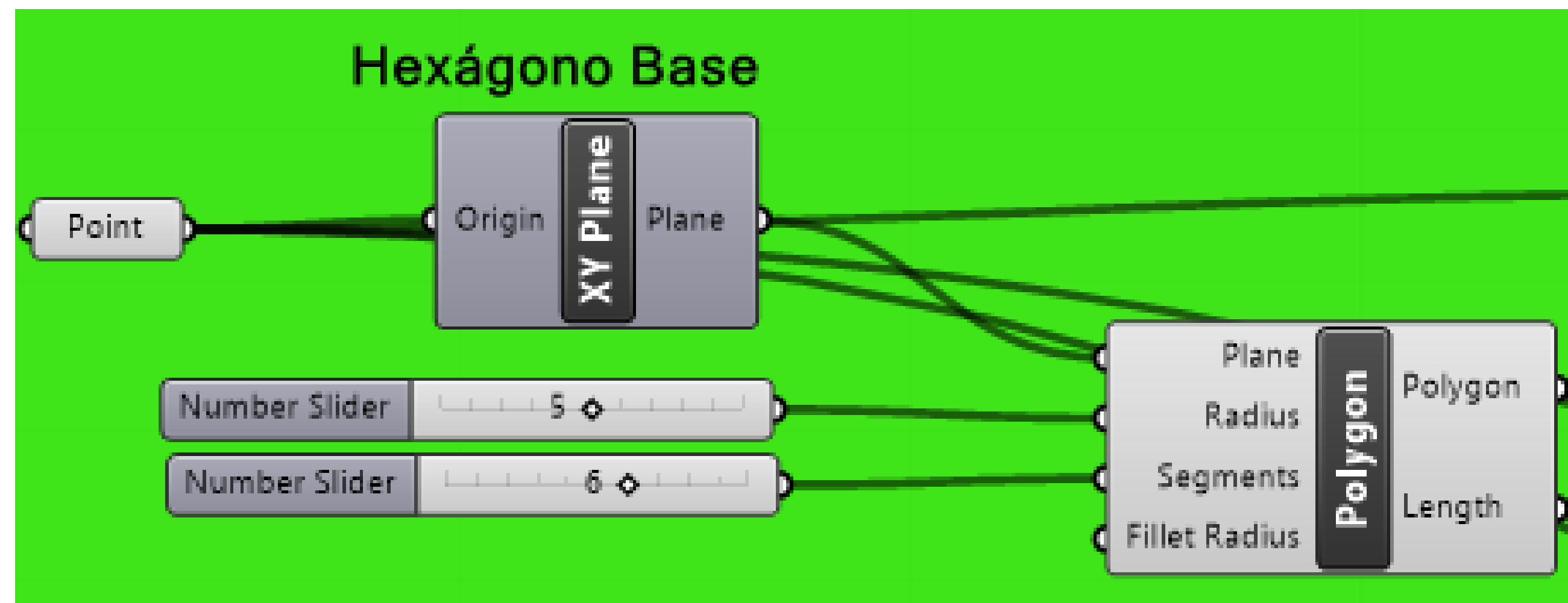
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

1 Marcar o hexágono de base da abóbada

1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando “**Point**”;

1.2) Utilizar o comando “**Polygon**” para fazer um Hexágono, indicando o plano onde será construído, o Raio da figura onde estará inserido e o número de lados do polígono



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

2 Marcar elementos para fazer a base das alvelolas da abóbada

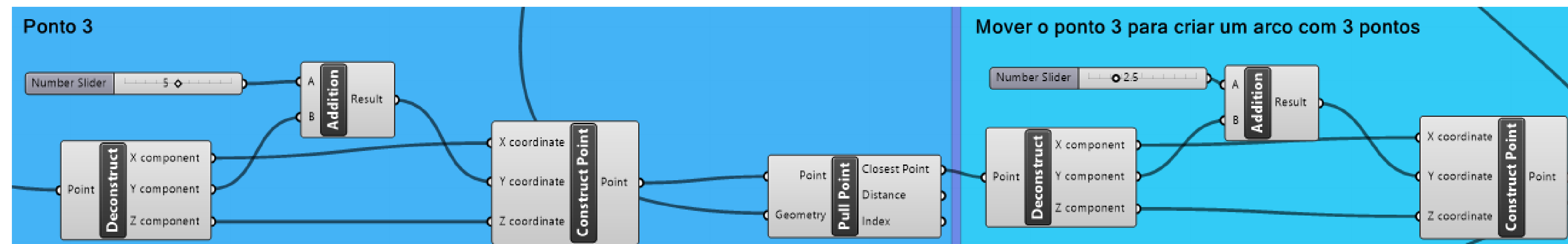
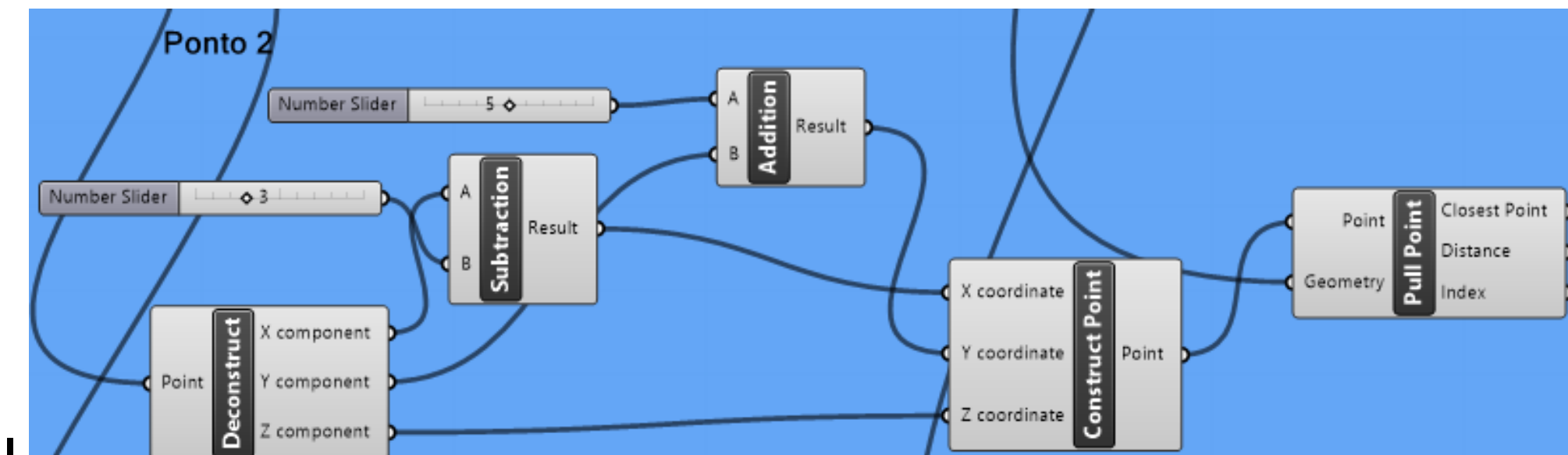
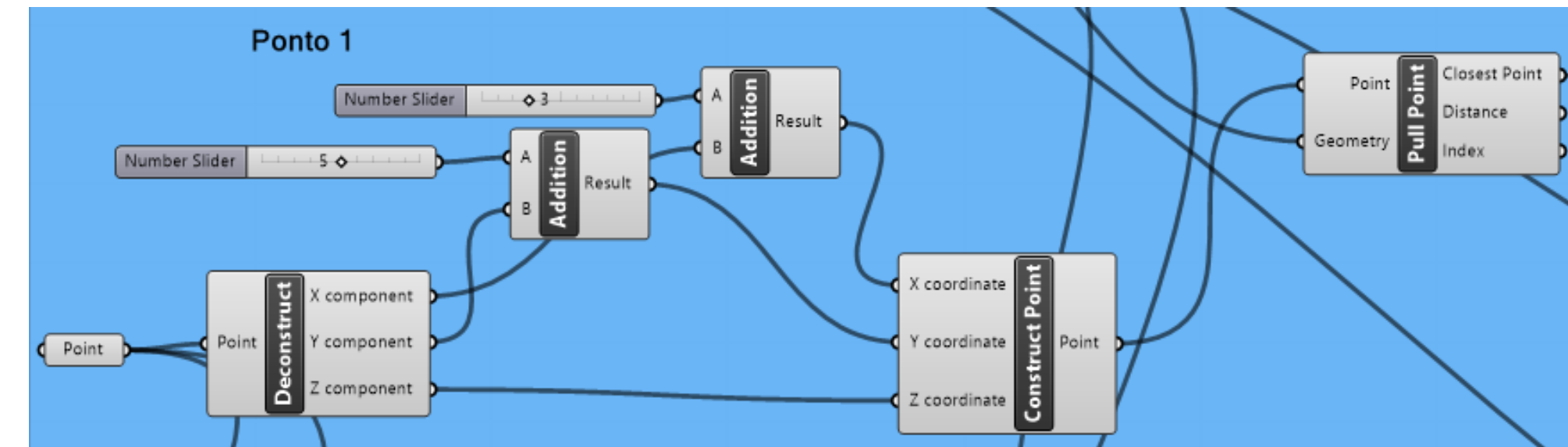
2.1) Marcar os pontos

2.1.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

2.1.2) Alterar as coordenadas do ponto através dos comandos

“**Deconstruct**” (para desconstruir o ponto), “**Addition’s**” (que faz contas de soma tendo em conta os dados apresentados anteriormente), “**Subtract**” (que faz contas de subtrair tendo em conta os dados apresentados anteriormente) “**Construct Point**” (que reconstrói o ponto tendo em conta as equações efetuadas) e um “**Number Slider’s**”;

2.1.3) Mover o pontos pontos para o Hexágono utilizando o commando “Pull Point” de modo a criar os 3 pontos necessários para fazer um arco



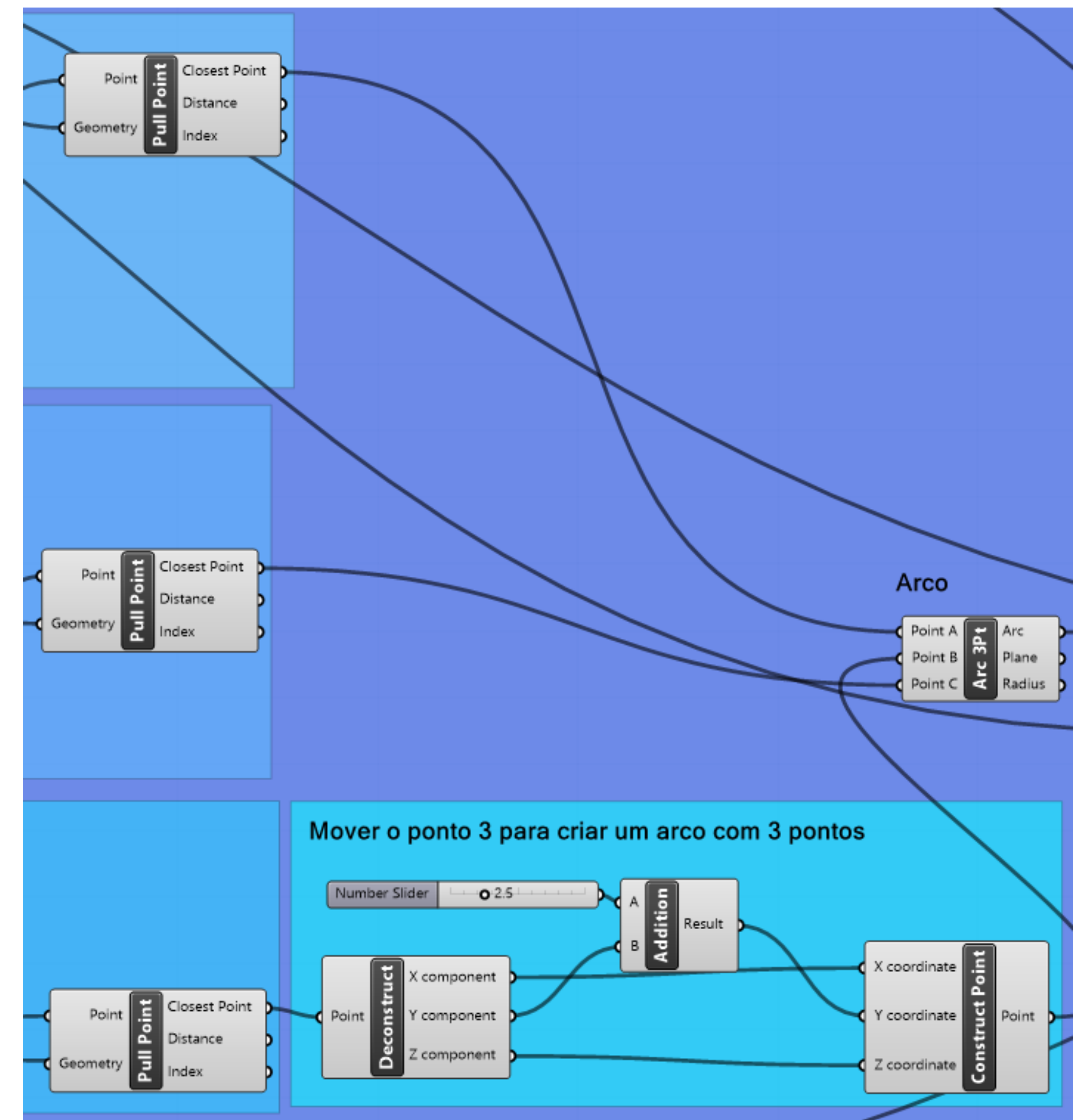
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

2 Marcar elementos para fazer a base das alvelolas da abóbada

2.2) Fazer arco com três pontos

2.2.1) Utilizando os pontos reconstruídos e colocados no hexágono criar um “**Arc 3Pt**” (arco com 3 pontos)



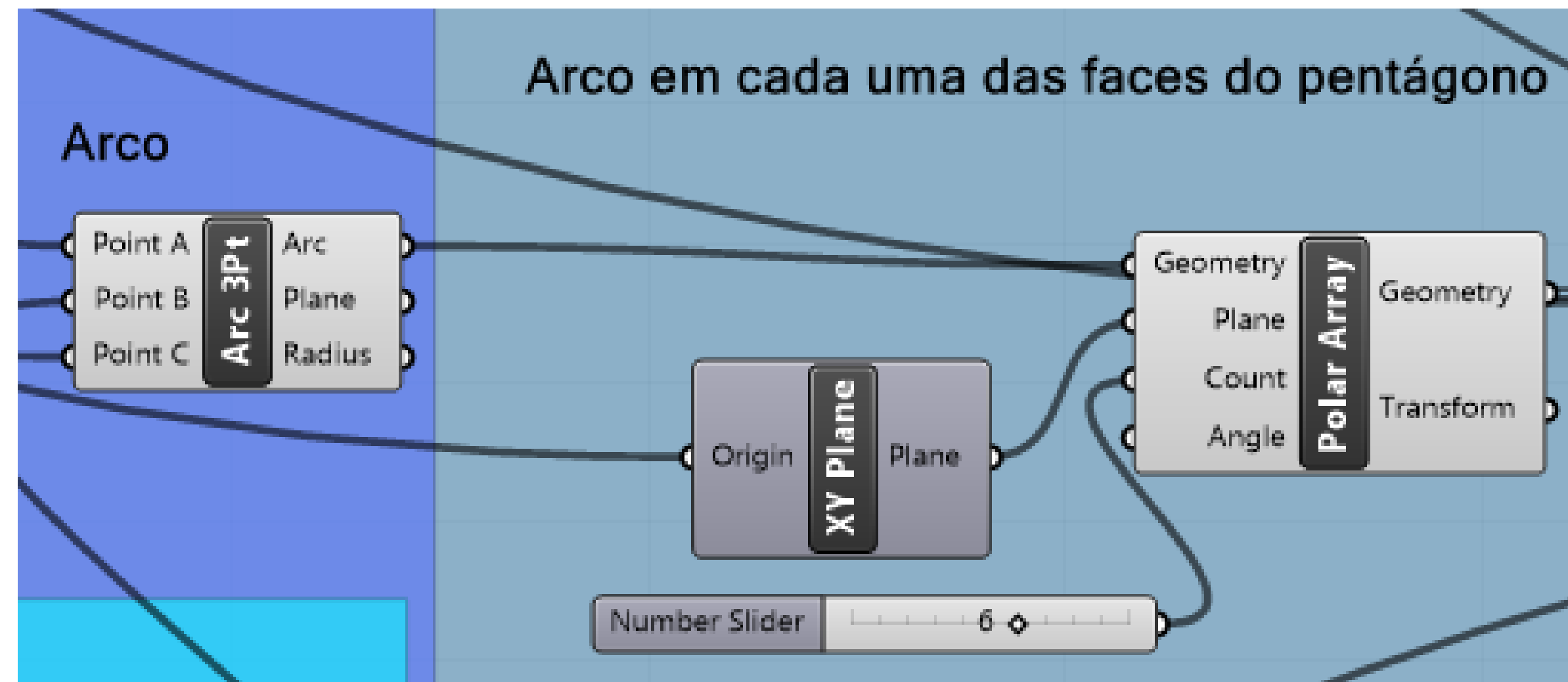
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

2 Marcar elementos para fazer a base das alvelolas da abóbada

2.3) Fazer arco com três pontos

2.3.1) Utilizando o arco criado e fazer “**Polar Array**” para criar novos arcos iguais em todos os lados do hexágono

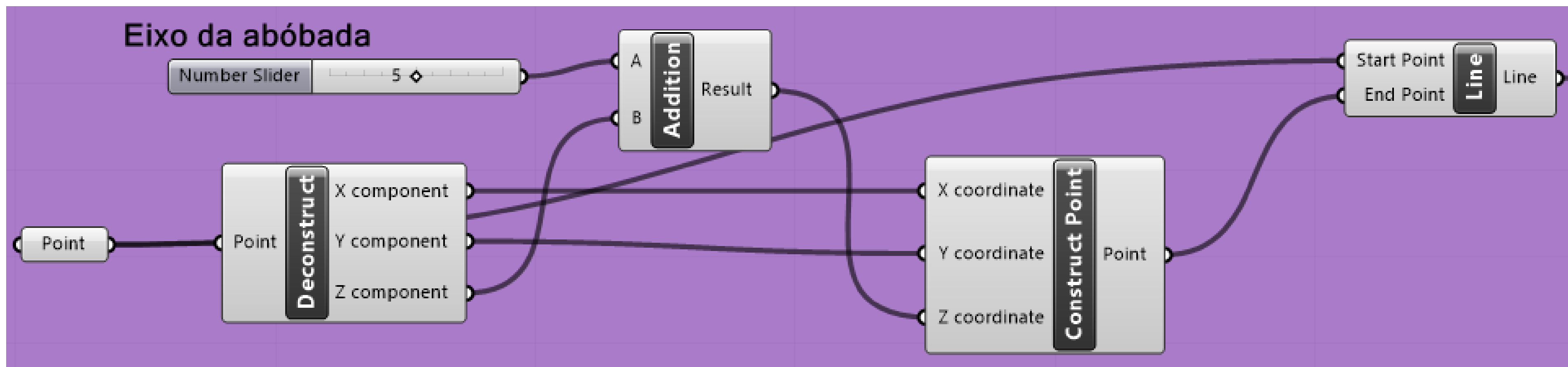


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

3 Marcar o eixo da abóbada

- 3.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;
- 3.2) Descosntruir o ponto utilizando os comandos “**Deconstruct**”, “**Addition**”, “**Number slider**” e “**Construct Point**”;
- 3.3) Utilizar tanto o ponto marcado no rhino como o ponto reconstruido para criar o eixo como o comando “**Line**”



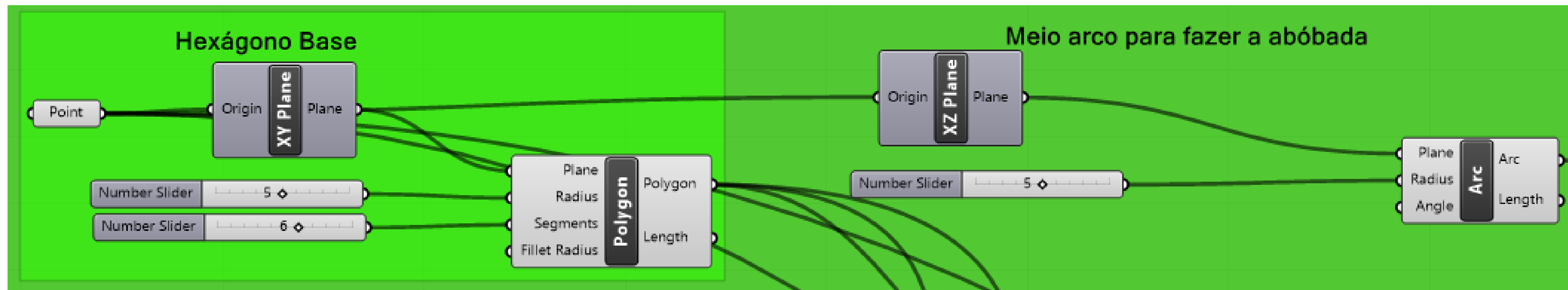
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

4 Marcar o eixo em que os alvelolos se vão desenvolver

4.1) Marcar o meio arco

4.1.1) A partir do ponto marcado no rhino criar um arco no plano XZ utilizando os comandos “**XZ Plane**” (para definir o plano em que o arco se vai desenvolver) e “**Arc**” (para fazer o arco), onde no parâmetro “Angle” se define o “Set Domain” como “Pi to $0.5 \cdot \text{Pi}$ ” para ficar apenas metade do arco



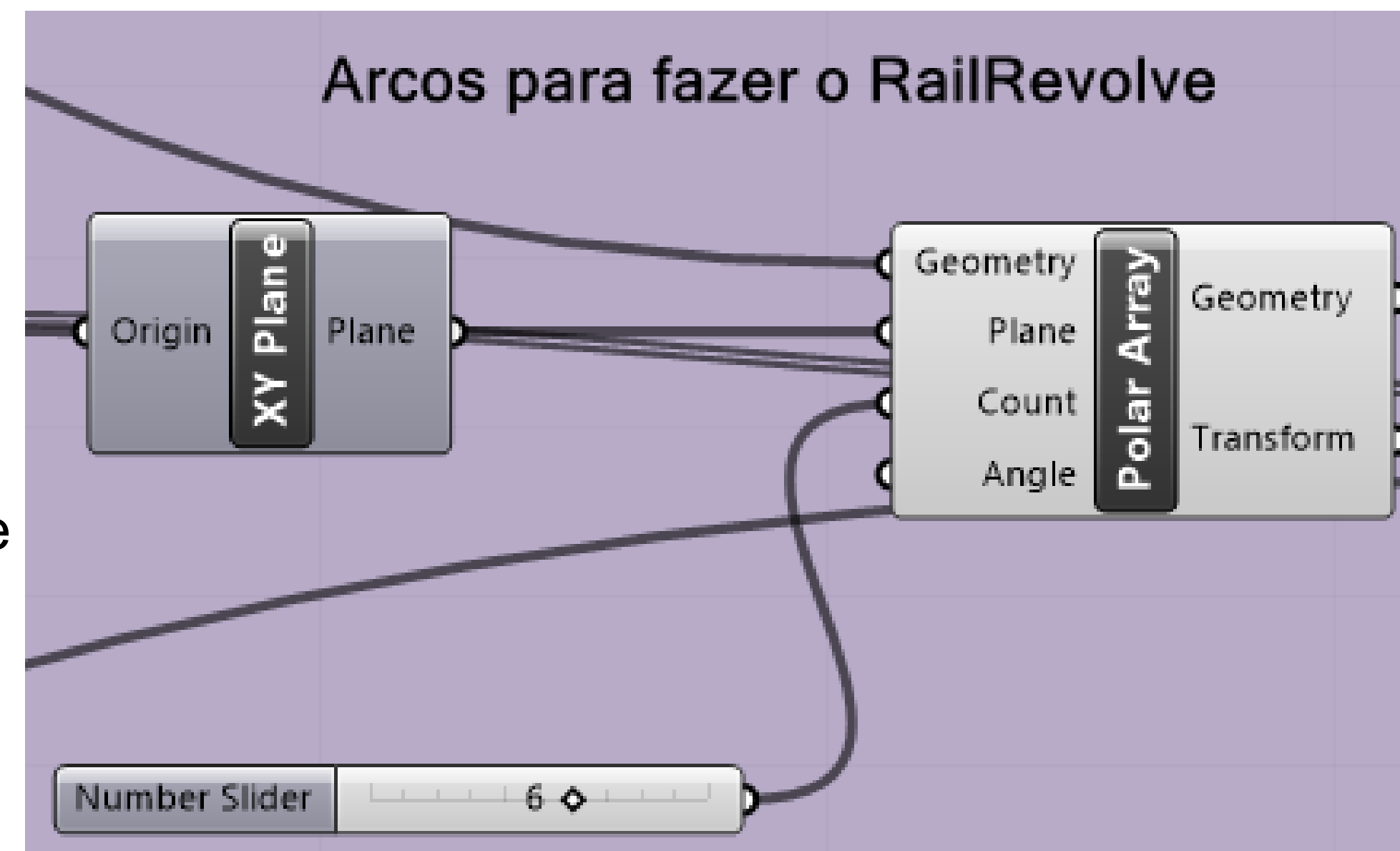
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Alvelolada:

4 Marcar o eixo em que os alvelolos se vão desenvolver

4.2) Marcar os meio arcos em todos os vértices do hexágono

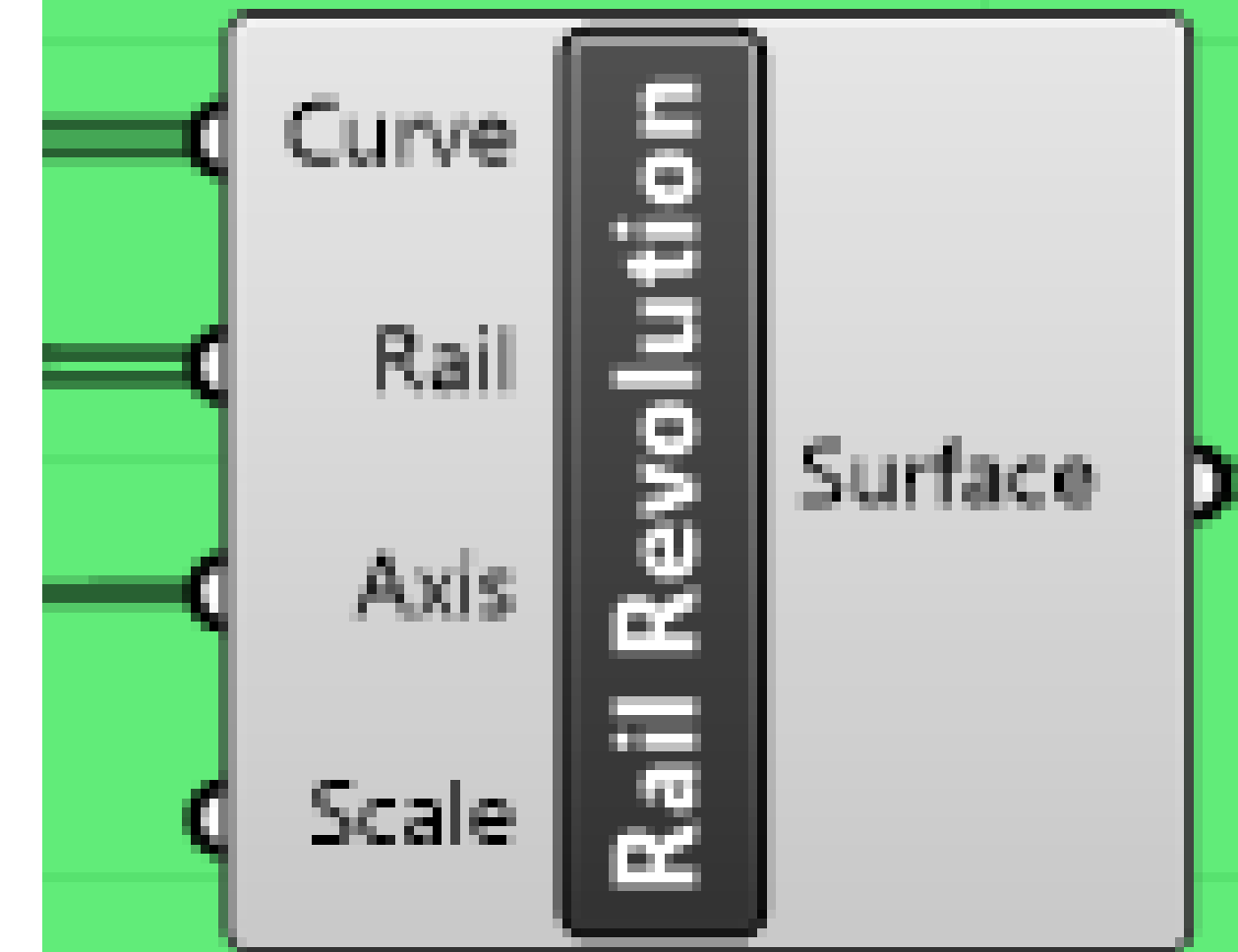
4.2.1) Utilizando o meio arco criado e fazer “**Polar Array**” para criar novos meio arcos iguais em todos os vertices do hexágono indicando o numero de vezes que é repetido e o plano em que se desenvolve (“**XY Plane**”)



Abóbada Alvelolada:

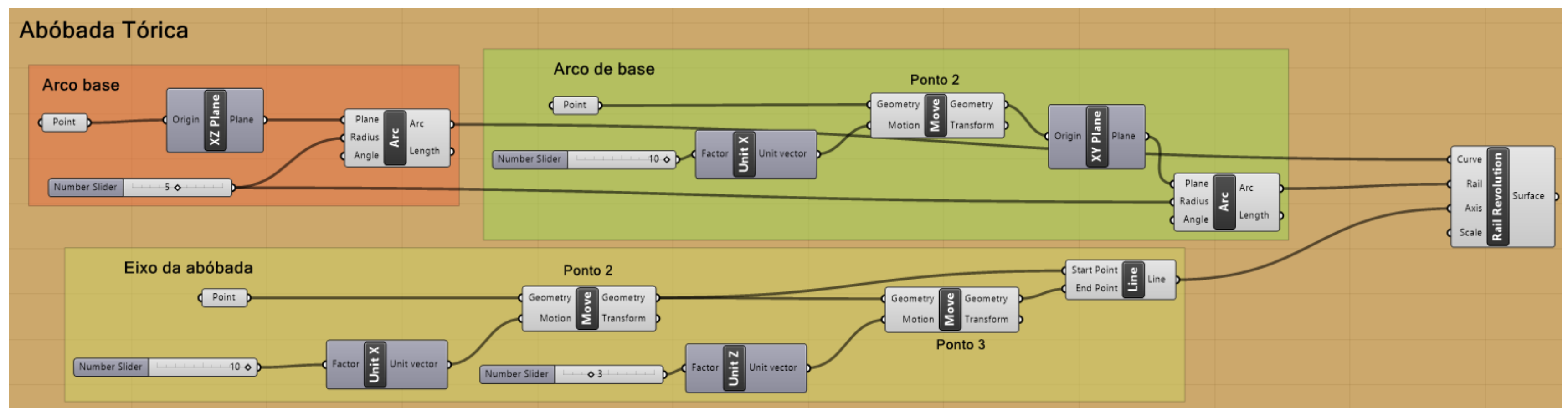
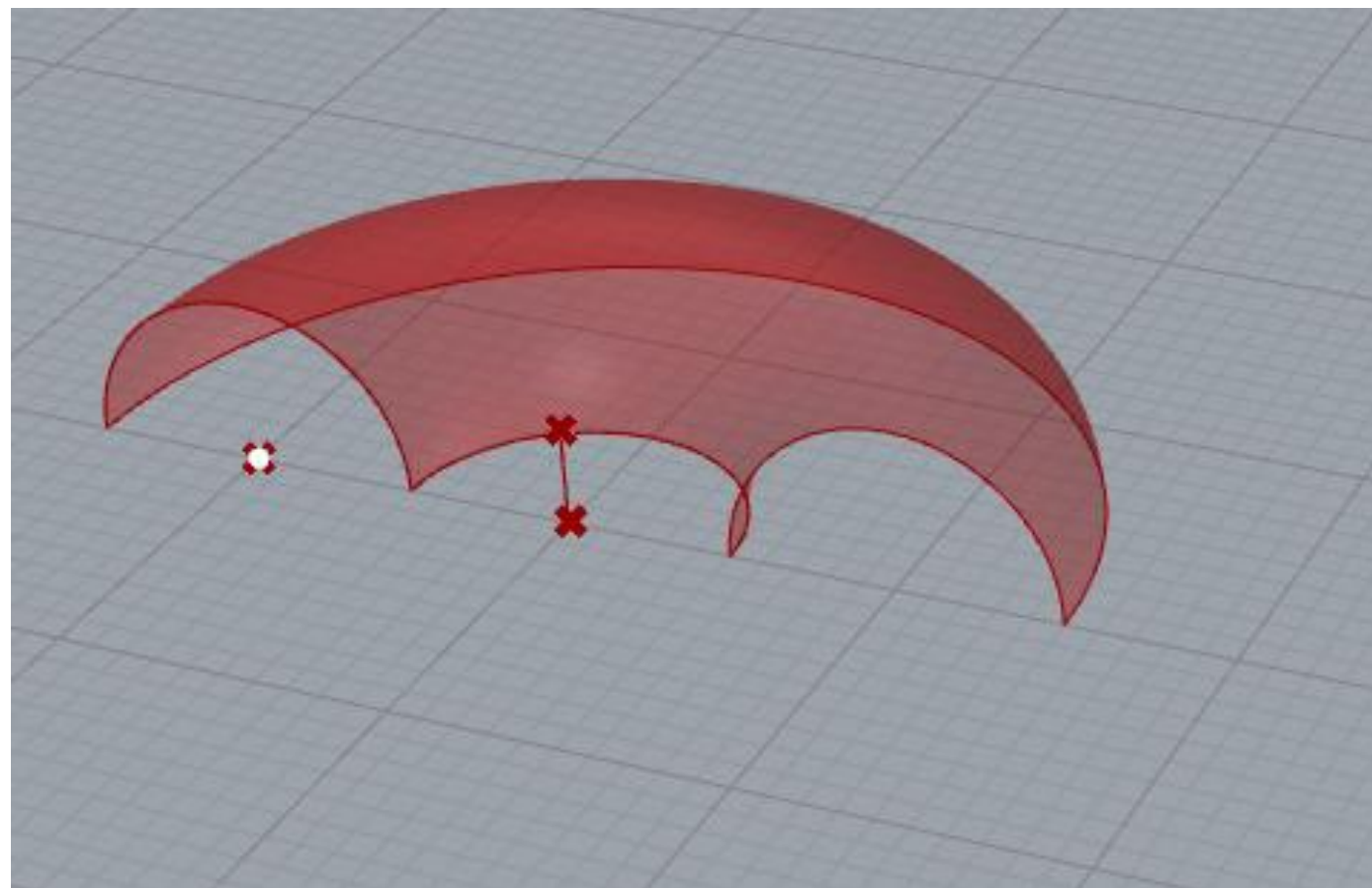
5 Fazer a abóbada

5.1) Por fim criar a abóbada utilizando o comando “**Rail Revolution**” indicando a “Curve” como os meio arcos criados no passo anterior, o “Rail” como o os arcos dos lados do hexágono e o “Axis” com o eixo da abóbada

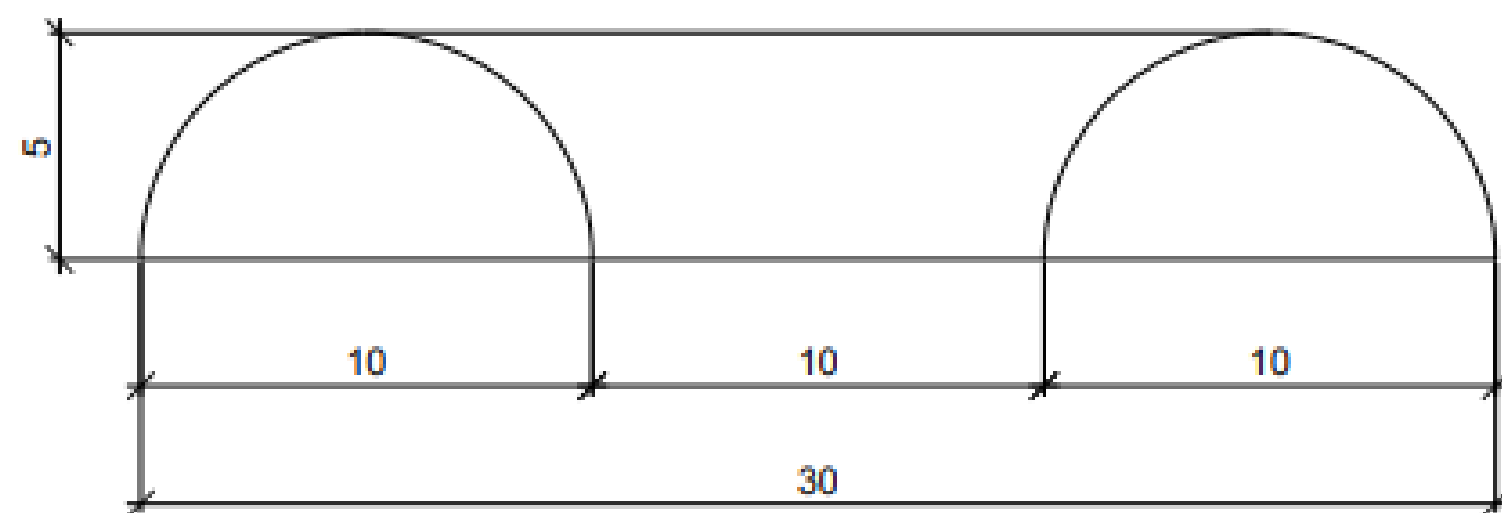


Abóbada Tórica:

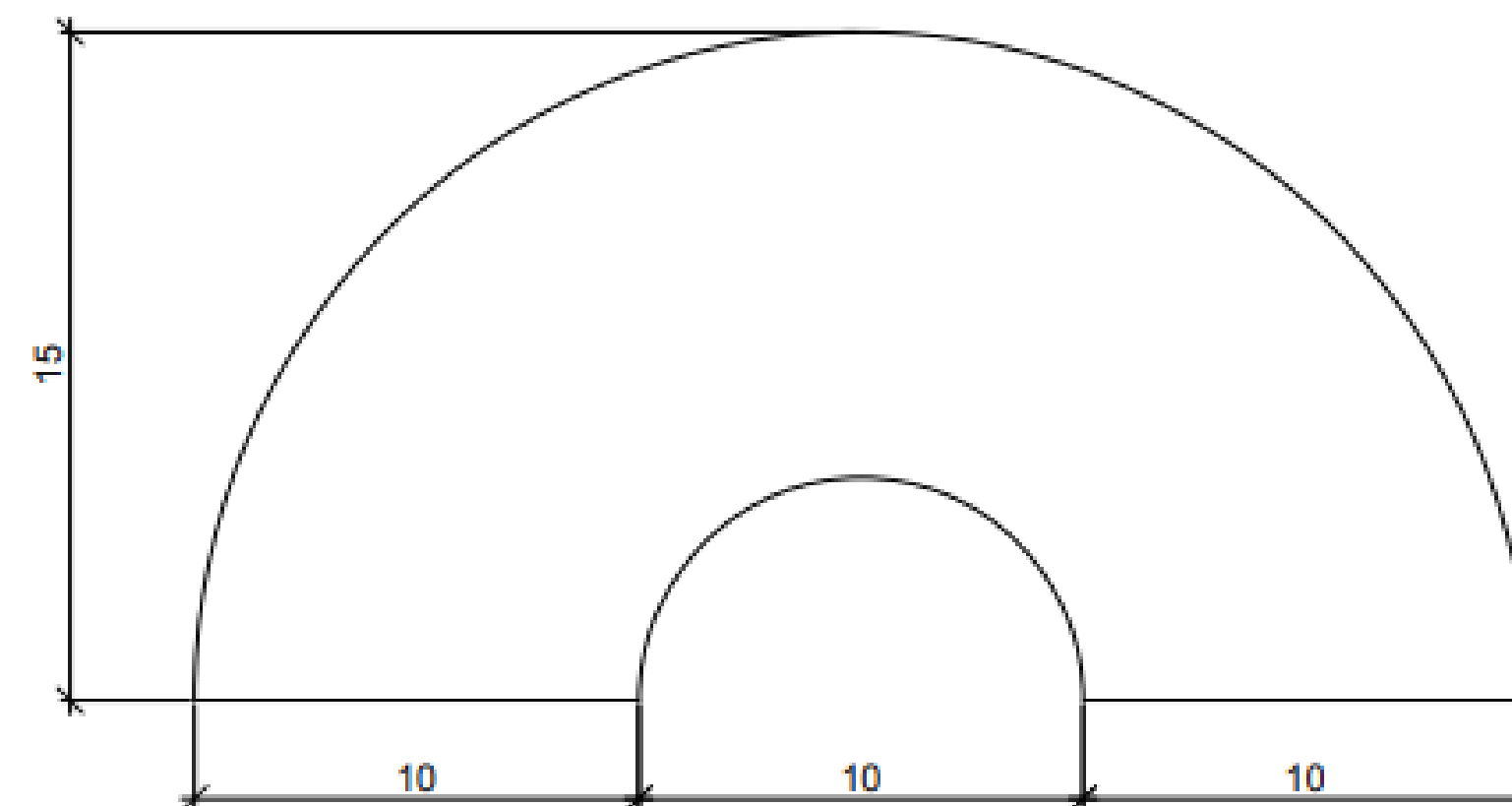
1. Marcar o arco vertical da abóbada
2. Marcar o eixo da abóbada
3. Marcar o arco horizontal da abóbada
4. Fazer a abóbada



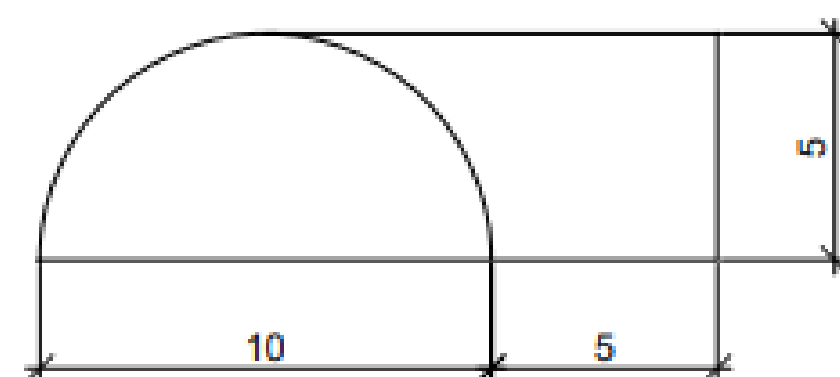
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper



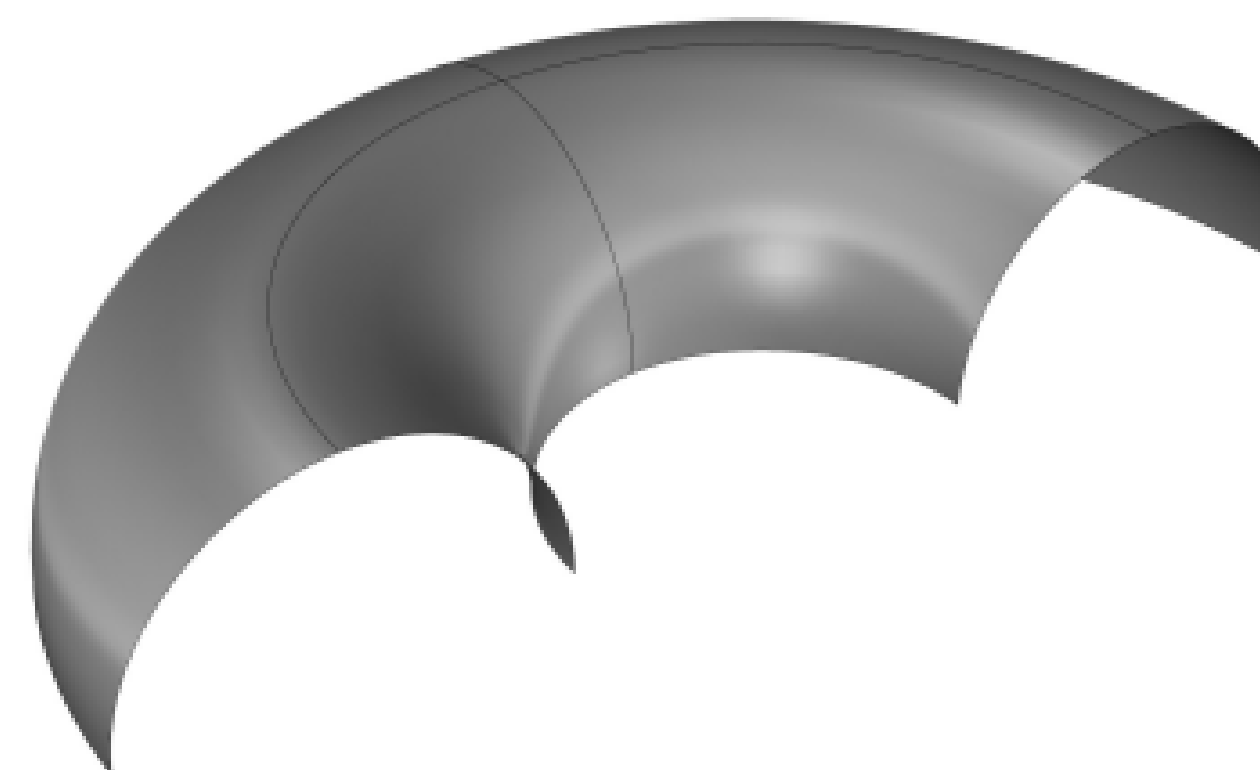
Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



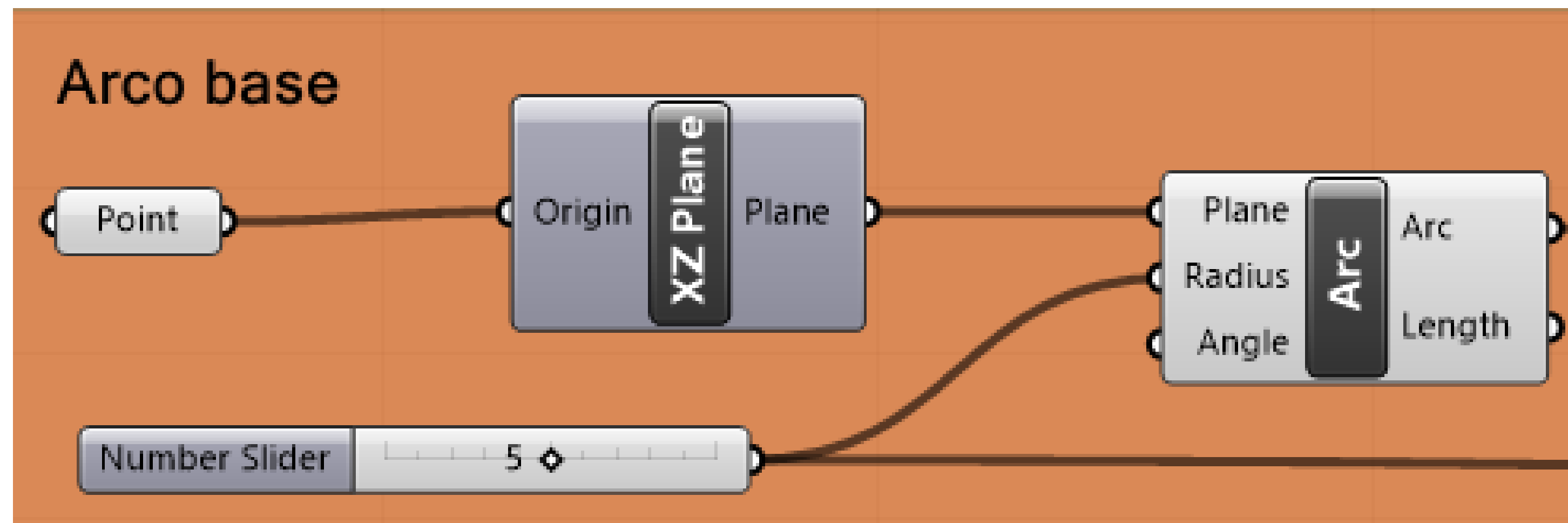
Perspectiva

Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Tórica:

1 Marcar o arco vertical da abóbada

- 1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando “**Point**”;
- 1.2) Fazer um arco no plano XZ utilizando os comandos “**XZ Plane**” (para definir o plano em que o arco se vai desenvolver) e “**Arc**” (para fazer o arco)

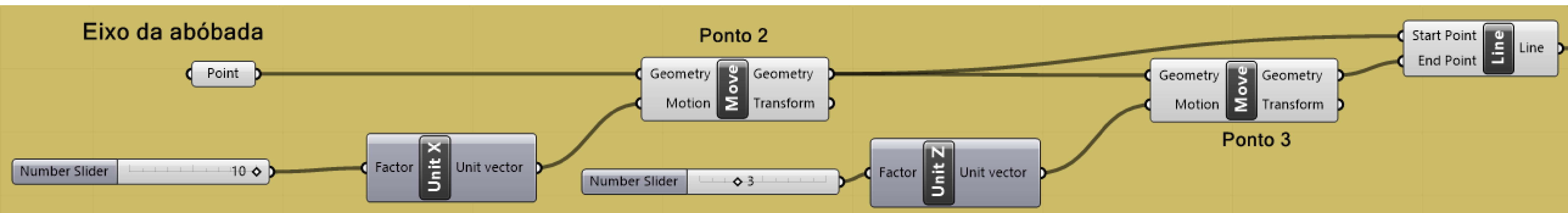


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Tórica:

2 Marcar o eixo da abóbada

- 2.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;
- 2.2) Fazer uma cópia do ponto (Ponto 2) utilizando o comando “**Move**” no eixo X (“**Unit X**”);
- 2.3) Fazer uma outra cópia da cópia do ponto (Ponto 3) utilizando novamente o comando “**Move**” mas desta vez no eixo Z (“**Unit Z**”)

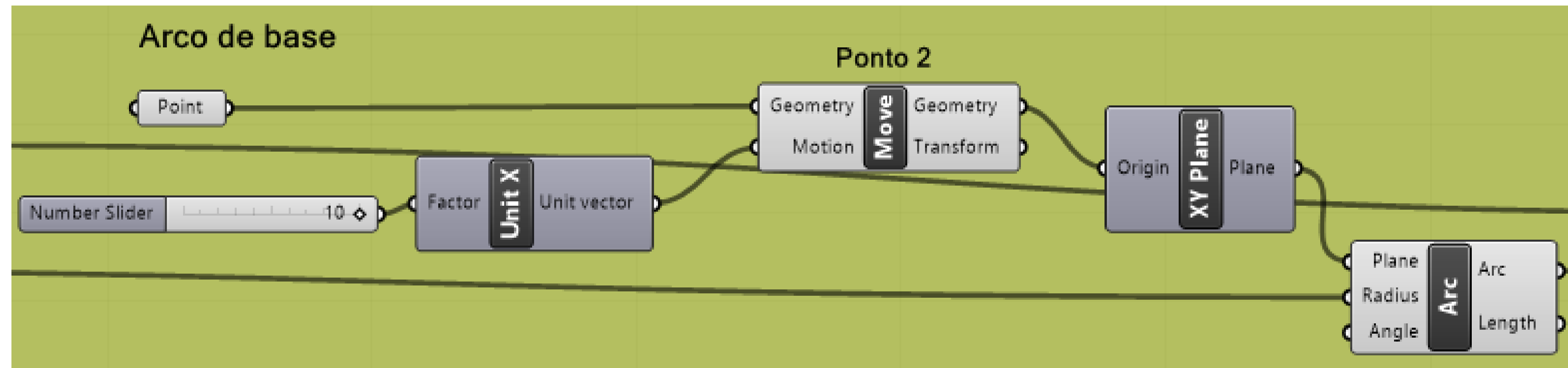


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Tórica:

3 Marcar o arco horizontal da abóbada

- 3.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;
- 3.2) Fazer uma cópia do ponto (Ponto 2) utilizando o comando “**Move**” no eixo X (“**Unit X**”);
- 3.3) Fazer um arco (“**Arc**”) no plano XY (“**XY Plane**”)

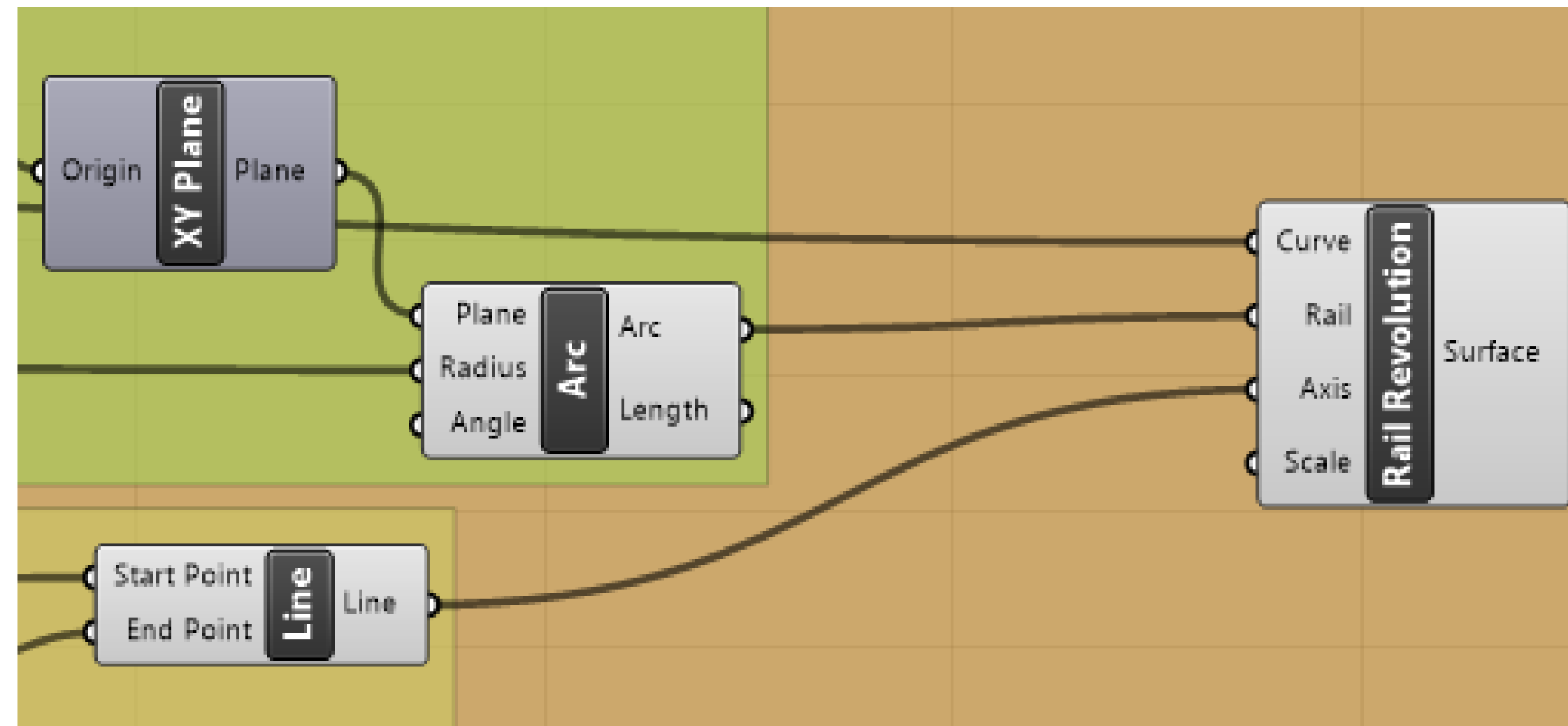


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada Tórica:

4 Fazer a abóbada

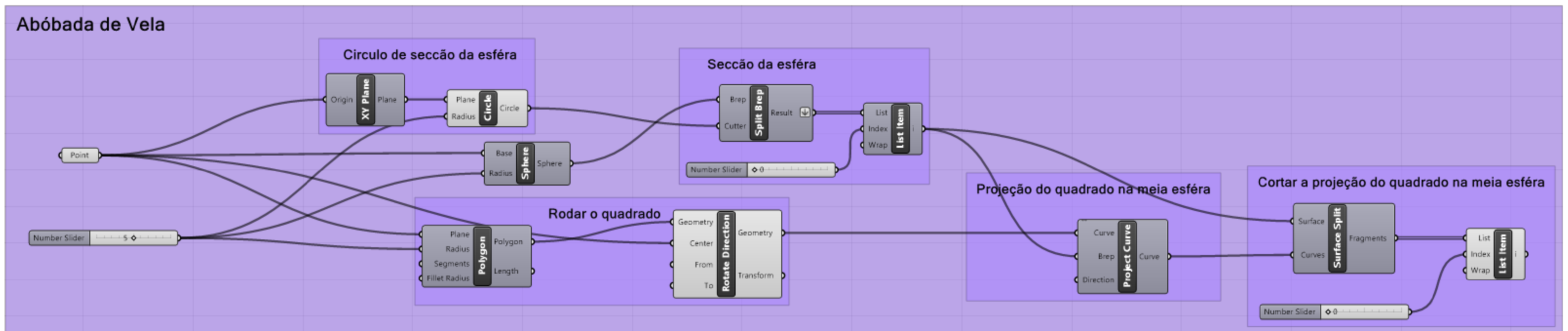
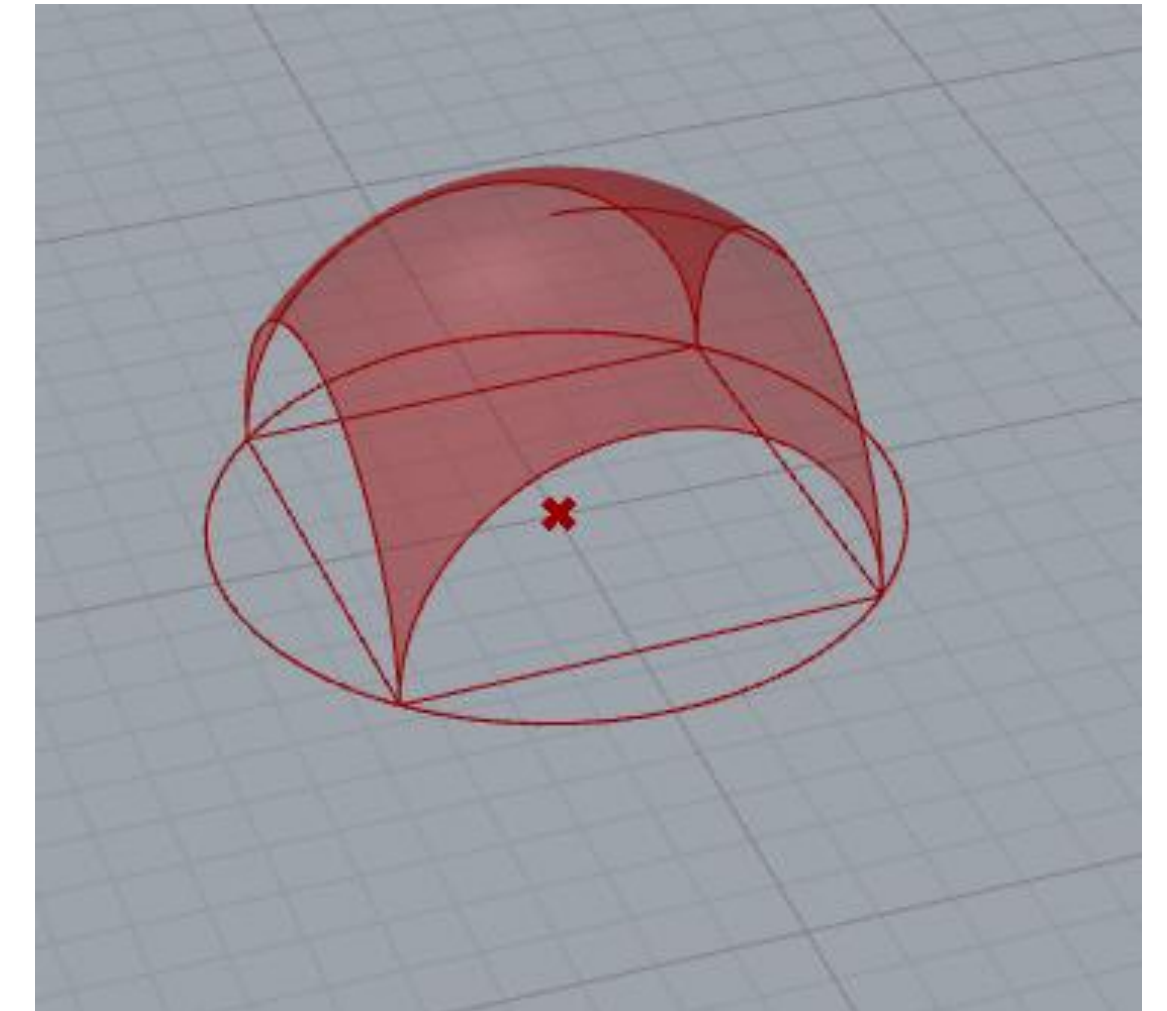
4.1) Criar a abóbada utilizando o comando “**Rail Revolution**” indicando a “Curve” como o arco vertical (no plano XZ), o “Rail” como o arco horizontal (no plano XY) e o “Axis” com o eixo da abóbada



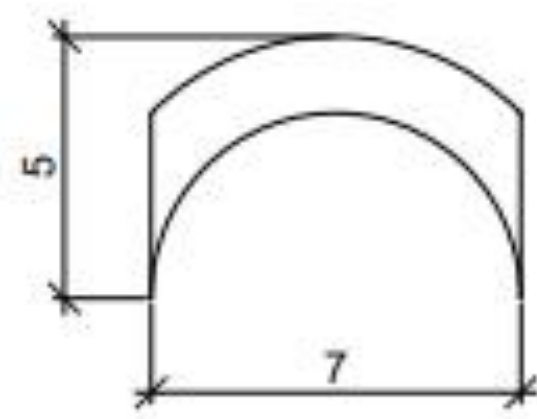
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

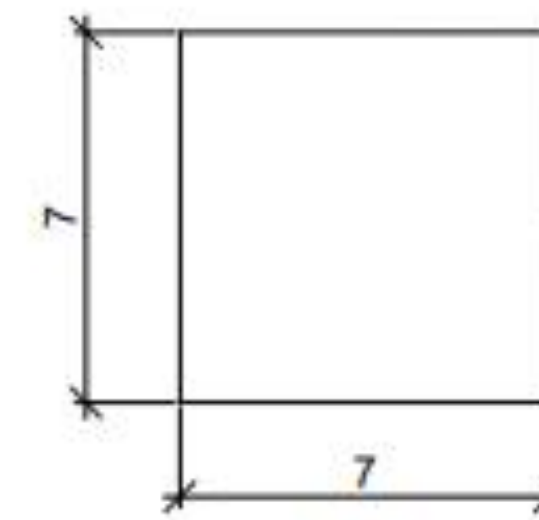
1. Marcar a Esfera
2. Marcar a circunferência de secção
3. Marcar o quadrado
- 3.1) Rodar o quadrado
4. Fazer a projeção do quadrado
5. Fazer secção da abóbada



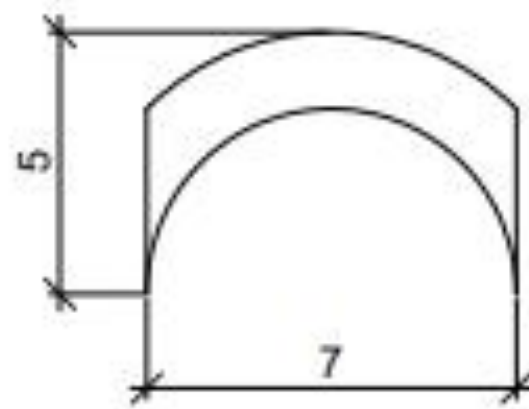
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper



Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



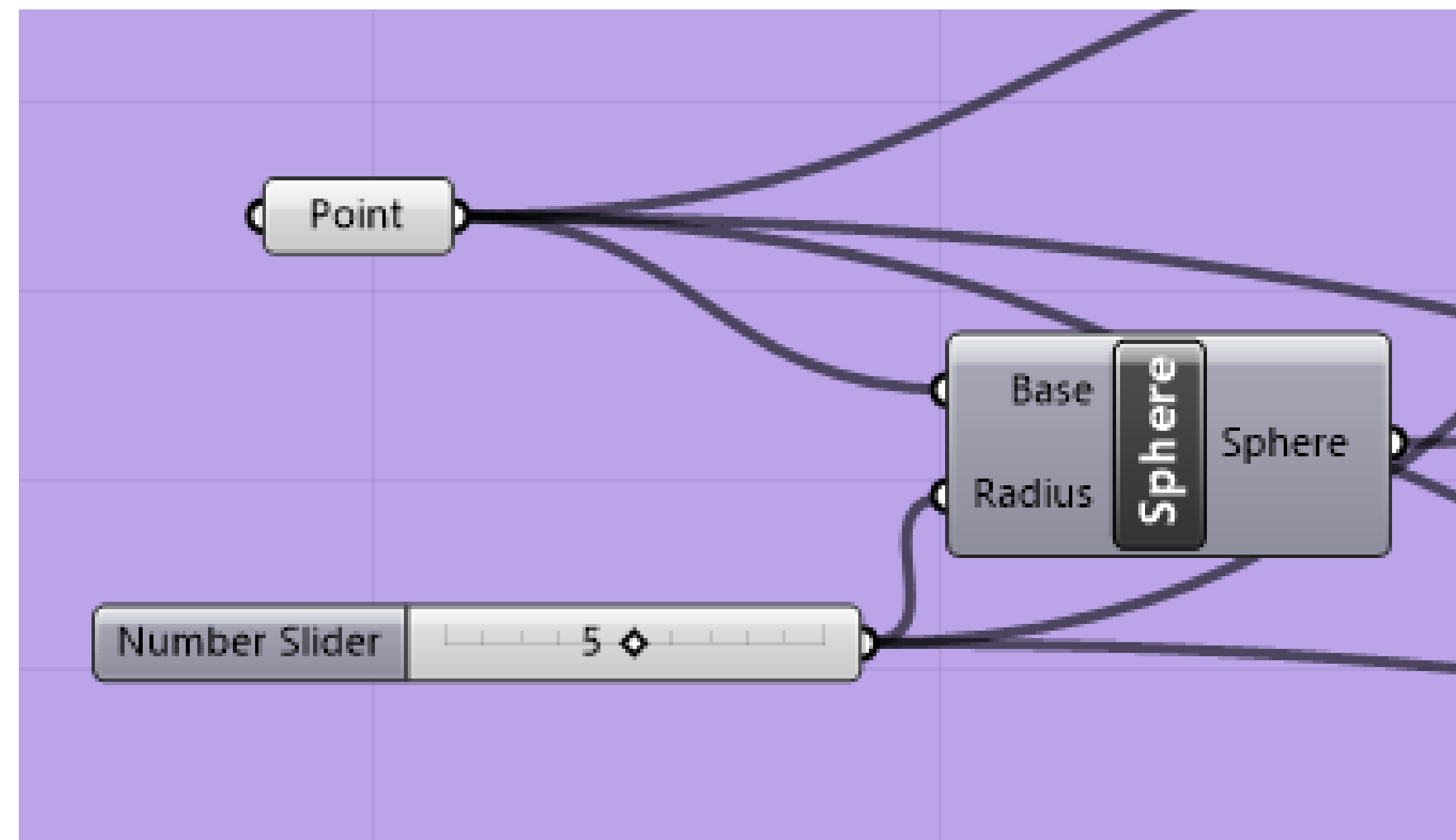
Perspectiva

Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

1 Marcar a Esfera

- 1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando **“Point”**;
- 1.2) Utilizar o comando **“Sphere”** para criar a esfera

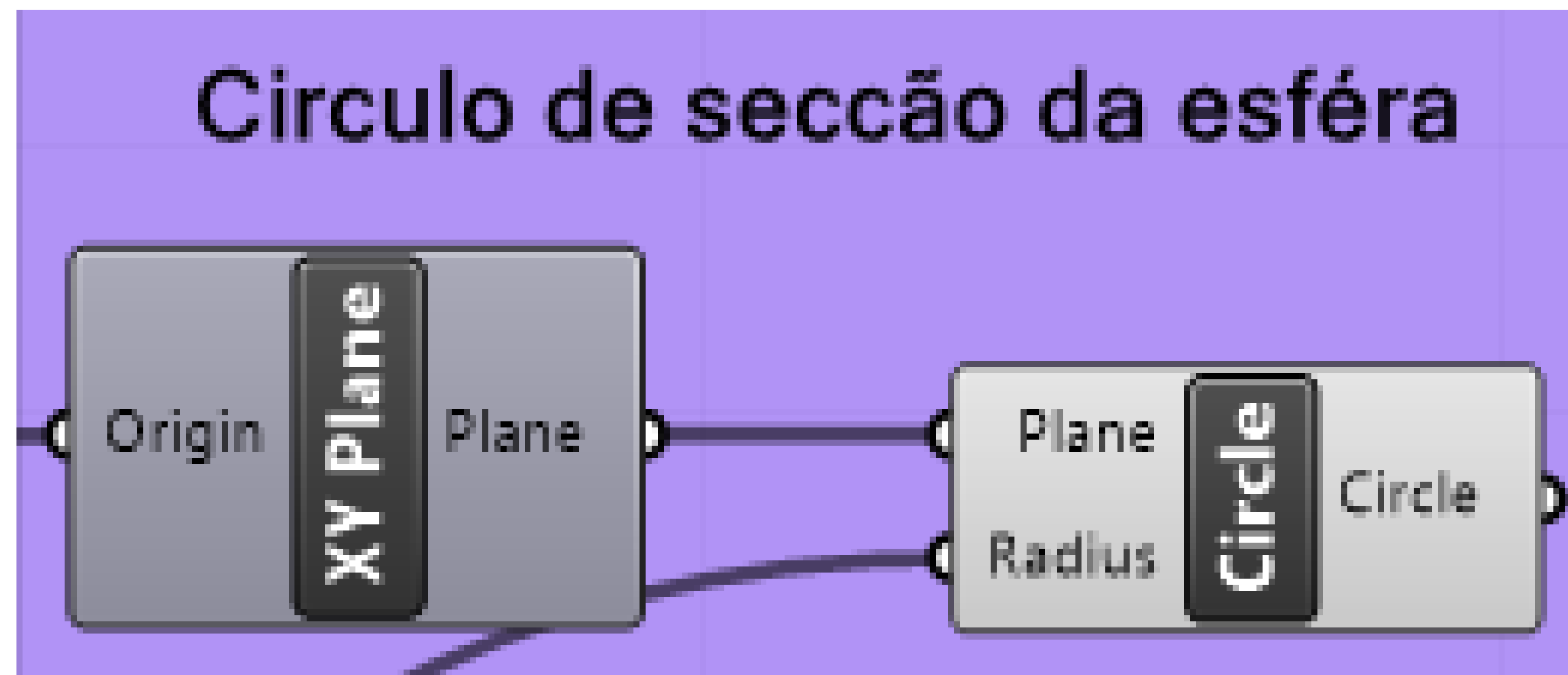


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

2 Marcar a circunferência de secção

- 2.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;
- 2.2) Utilizar o comando “**Circle**” para crair uma circunferência no plano XY (“**XY Plane**”)



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

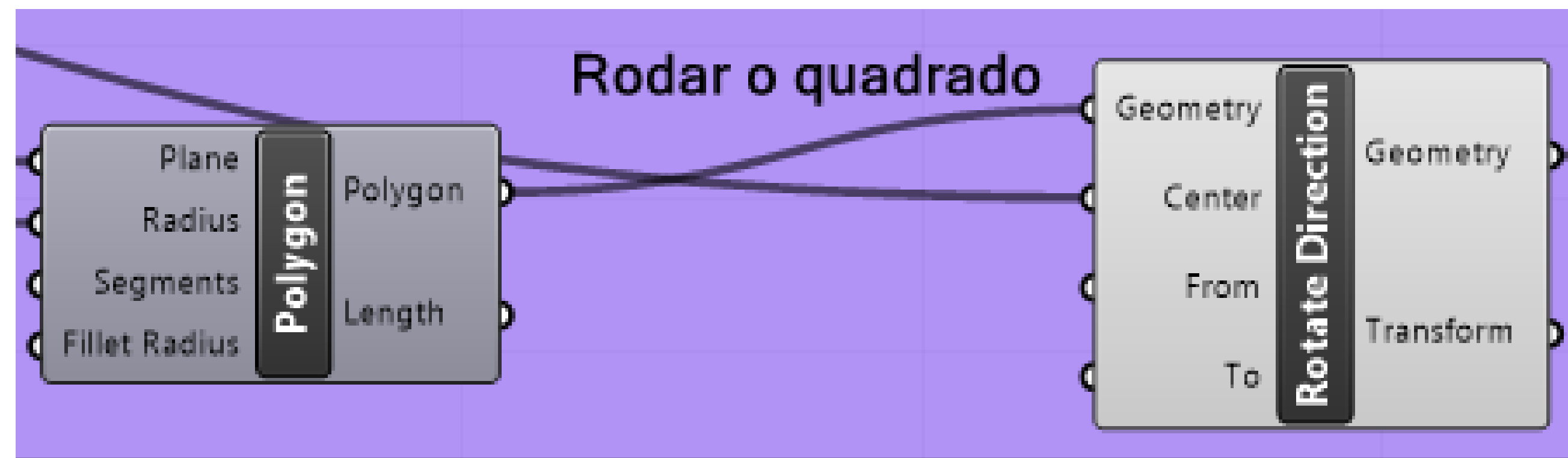
3 Marcar o quadrado

3.1) Rodar o quadrado

3.1.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

3.1.2) Utilizar o comando “**Polygon**” para crair um quadrado inscrito numa circunferência igual ao raio da circunferência de corte;

3.1.3) Rodar o quadrado com o comando “**Rotate Direction**” indicando como “Geometry” o quadrado, como “Center” o mesmo ponto marcado no rhino e no “From” e “To” marcar os vetores de origem para o vetor que se quer rodar (diretamente no rhino)

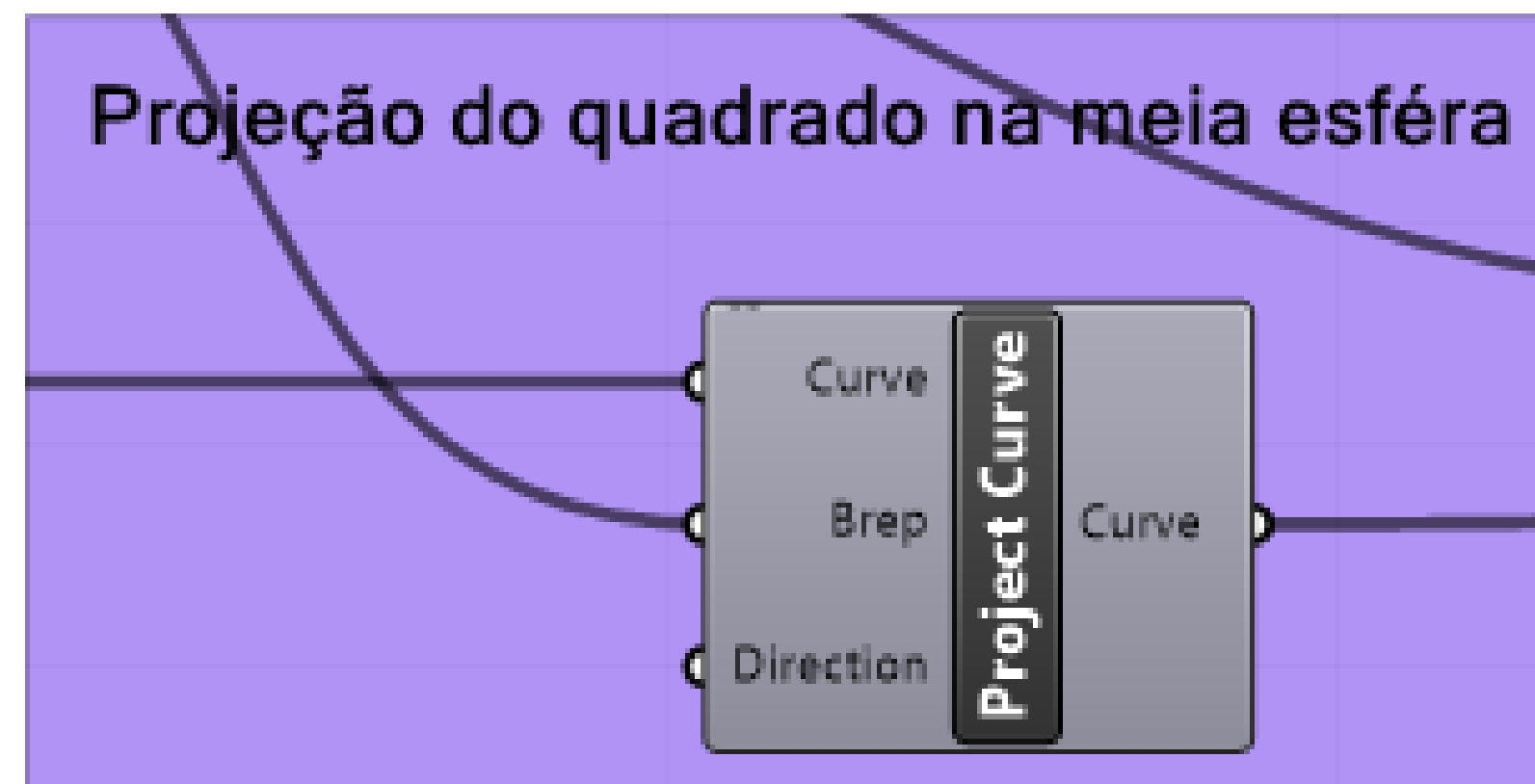


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

4 Fazer a projeção do quadrado

4.1) Com o comando “**Project Curve**” projetamos a “Curve” (quadrado) no “Brep” (esfera);

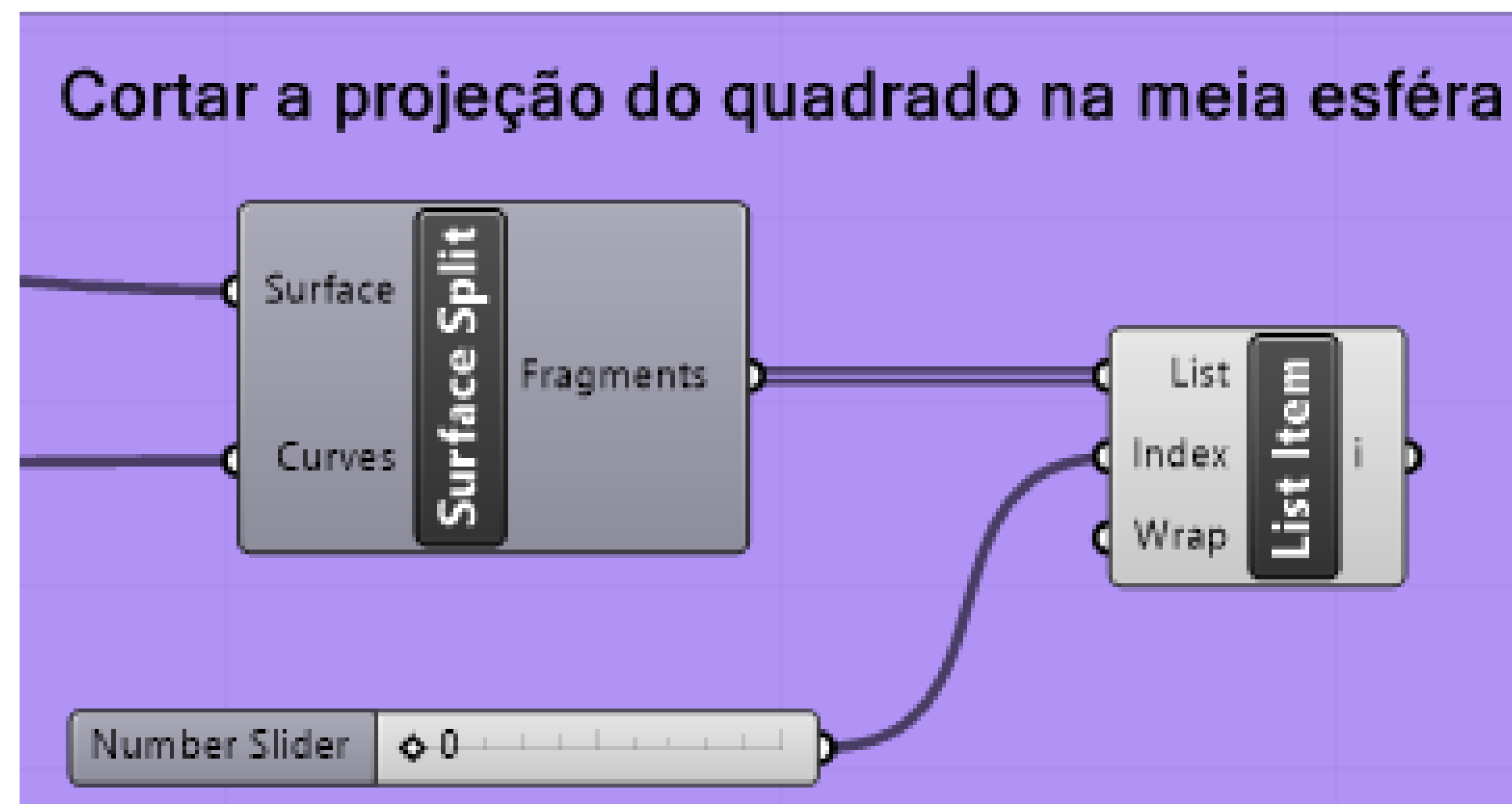


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Vela:

5 Fazer secção da abóbada

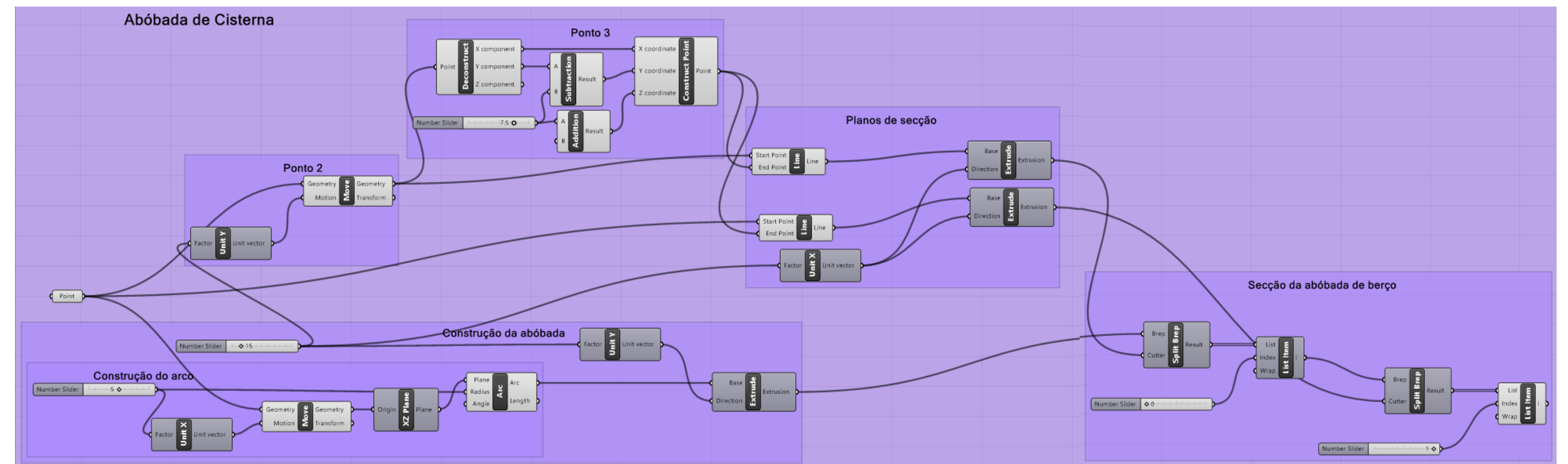
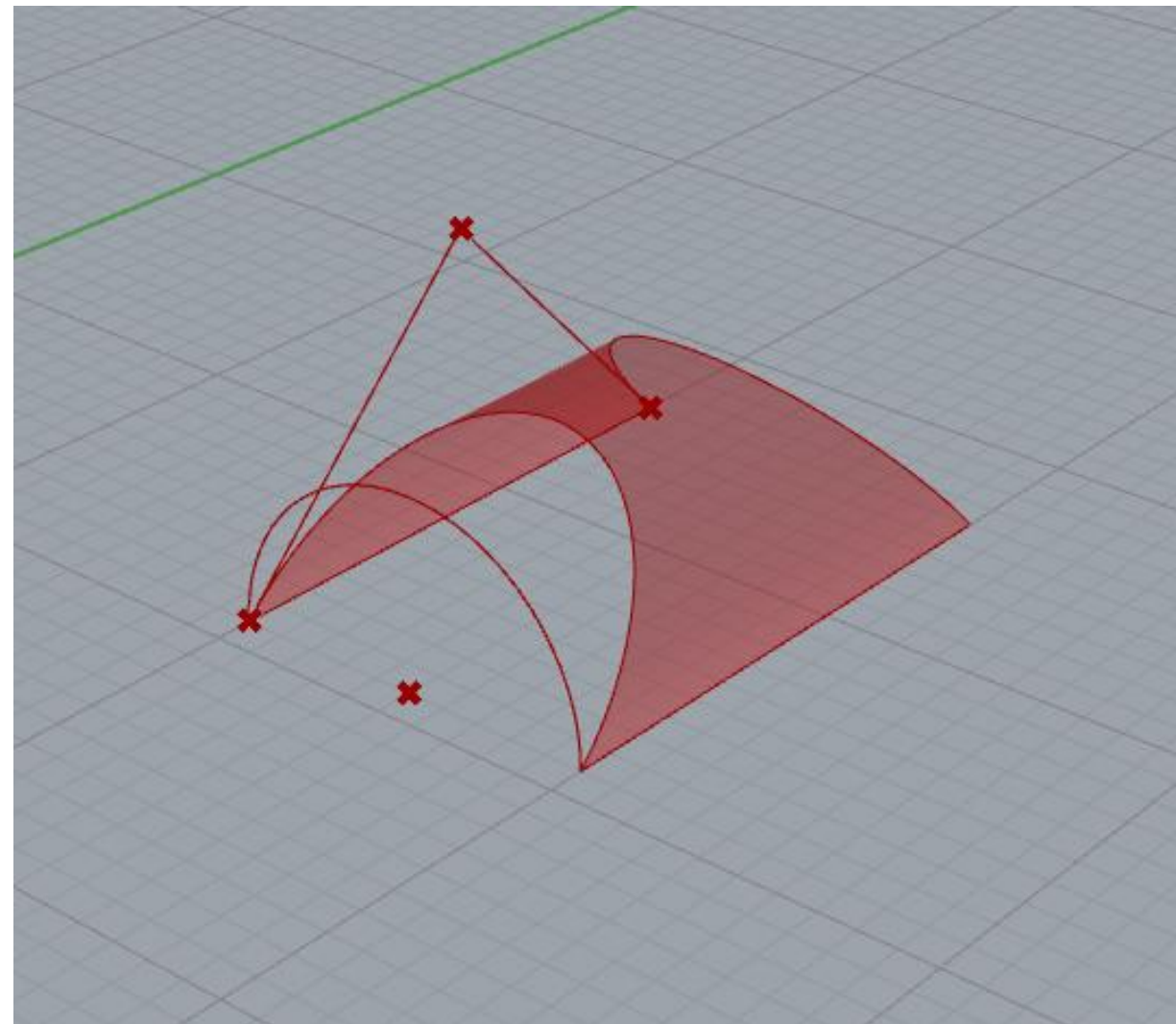
4.1) Utilizar o comando “**Split Brep**” para separar a parte onde a projeção do quadrado cria arcos e a parte da esfera que cria a abóbada



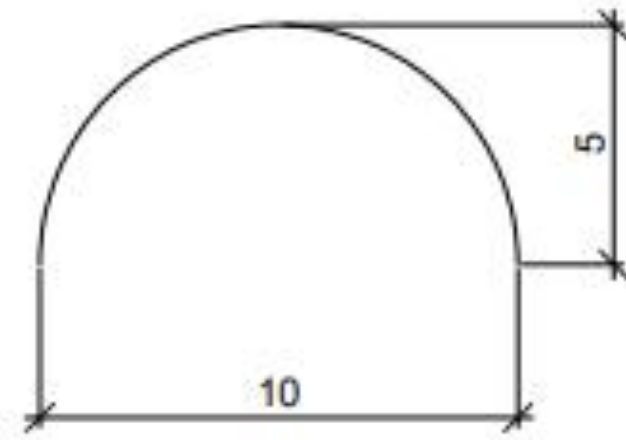
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Cisterna:

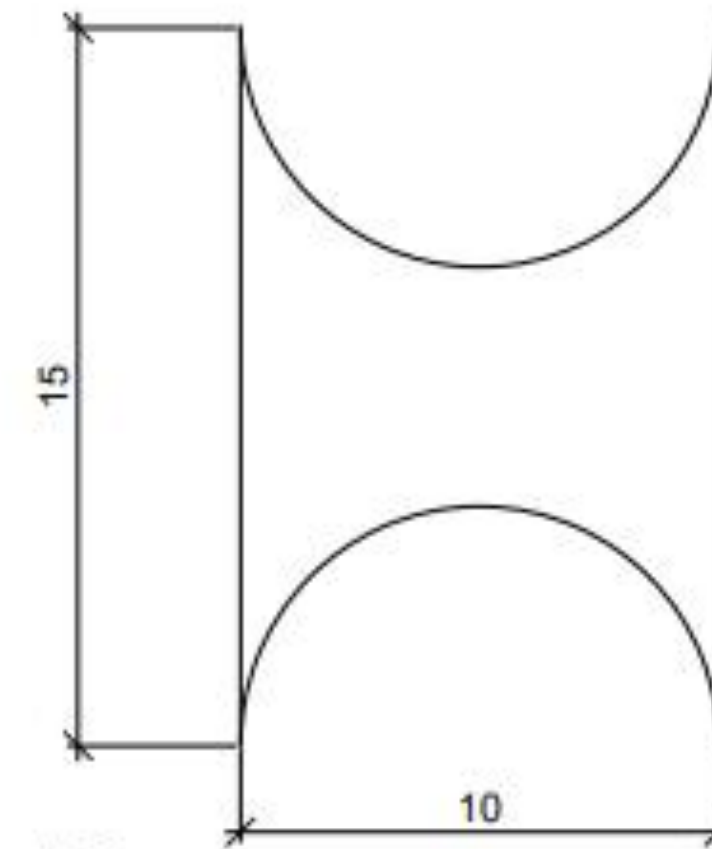
1. Fazer uma abóbada de berço
 - 1.1) Marcar o arco
 - 1.2) Extrudir o arco
2. Construção de eixos de secção
 - 2.1) Marcar pontos
 - 2.2) Marcar linhas
 - 2.3) Criar “planos” de secção
3. Fazer a secção da abóbada de berço



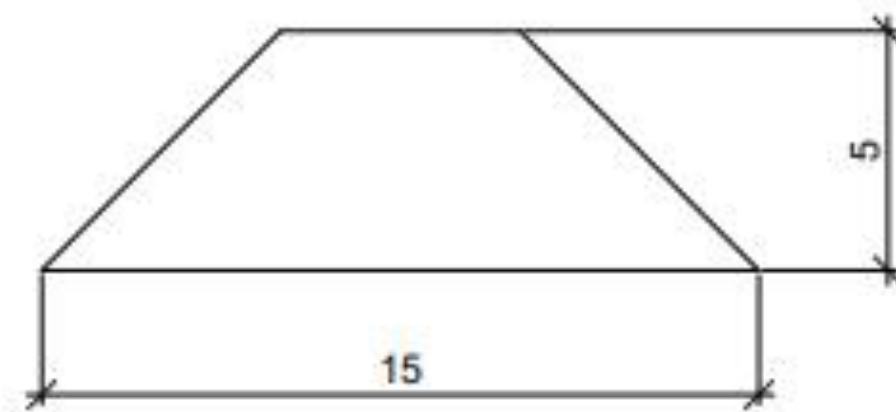
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper



Vista frontal esc. 1:2



Vista aérea esc. 1:2



Vista lateral esc. 1:2



Perspectiva

Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Cisterna:

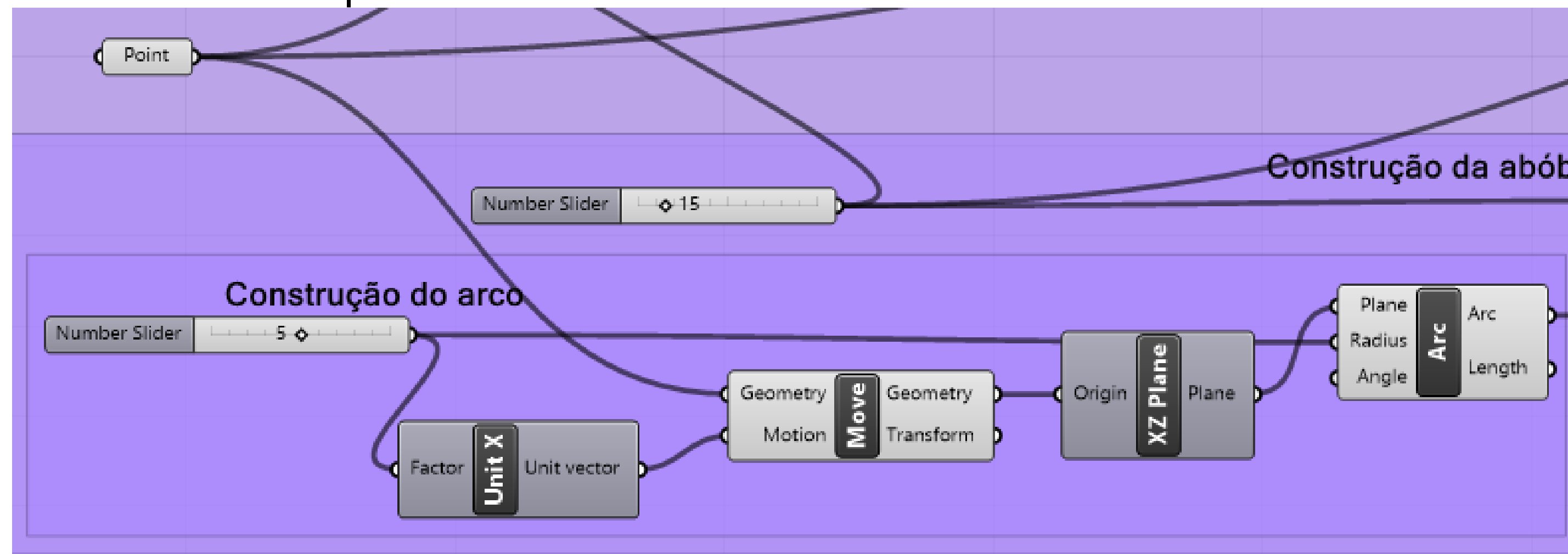
1 Fazer uma abóbada de berço

1.1) Marcar o Arco

1.1.1) Marcar um ponto no Rhino e associá-lo com o comando “**Point**”;

1.1.2) Mover o ponto, com o comando “**Move**”, no eixo Y (“**Unit Y**”), criando uma cópia;

1.1.3) Criar um arco com o comando “**Arc**” no plano XZ (“**XZ Plane**”) e centro nesse ponto movido

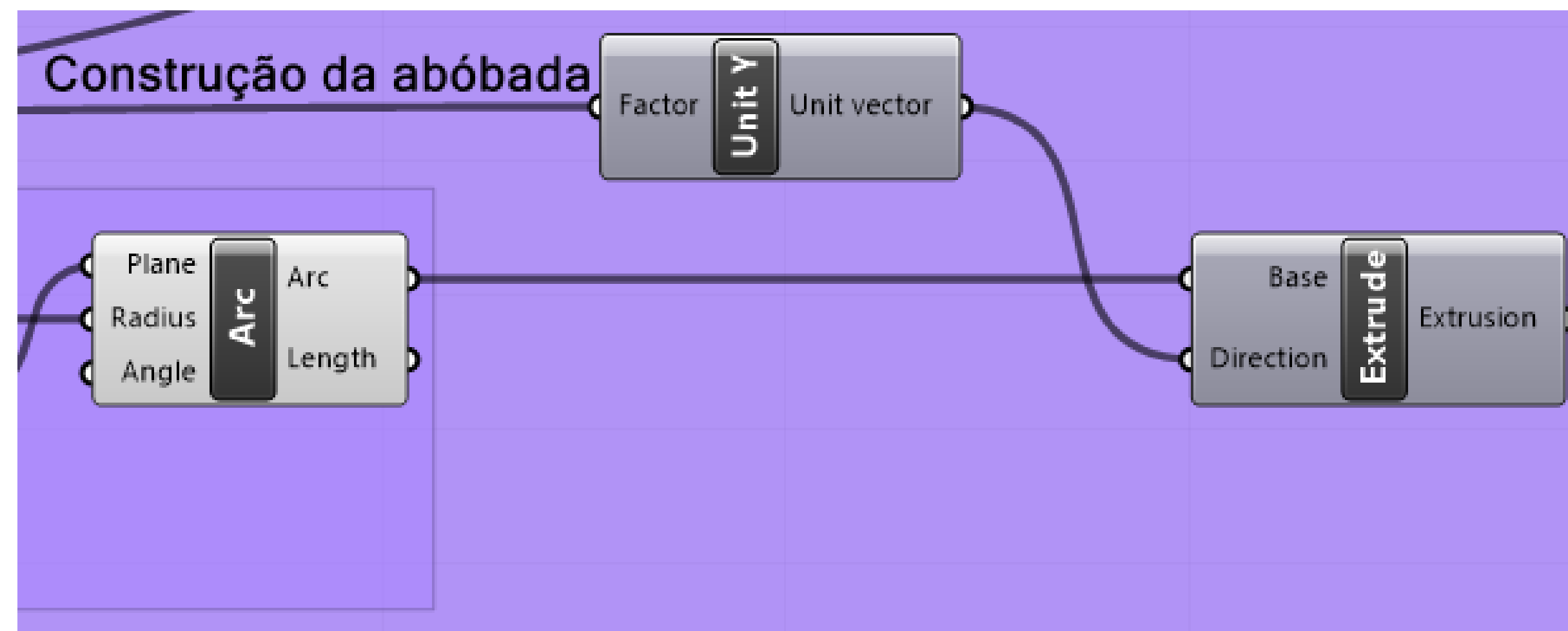


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

1 Fazer uma abóbada de berço

1.1) Extrudir o Arco

1.2.1) Após a construção do Arco utilizar o commando “**Extrude**” dando como direção de extrusão o eixo Y (“**Unit Y**”)



Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Cisterna:

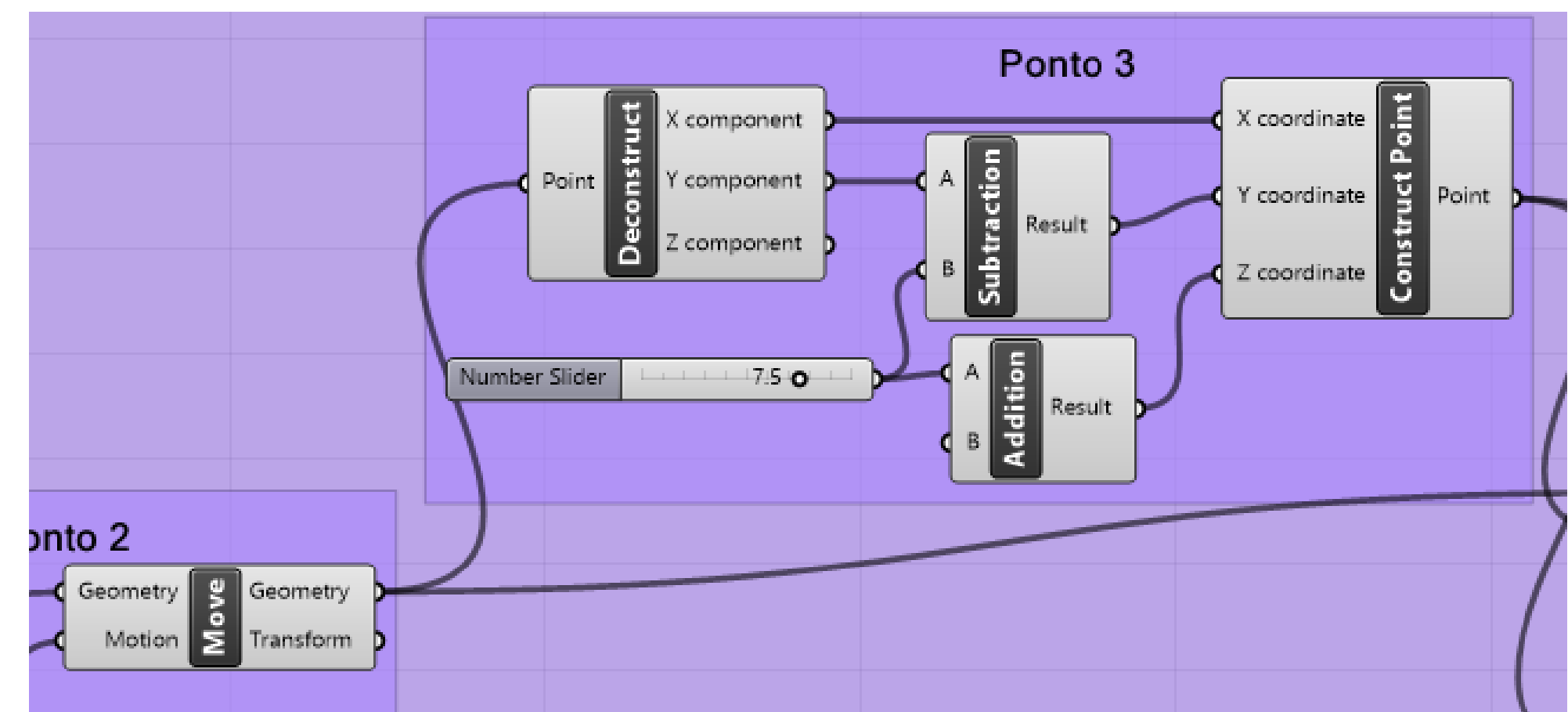
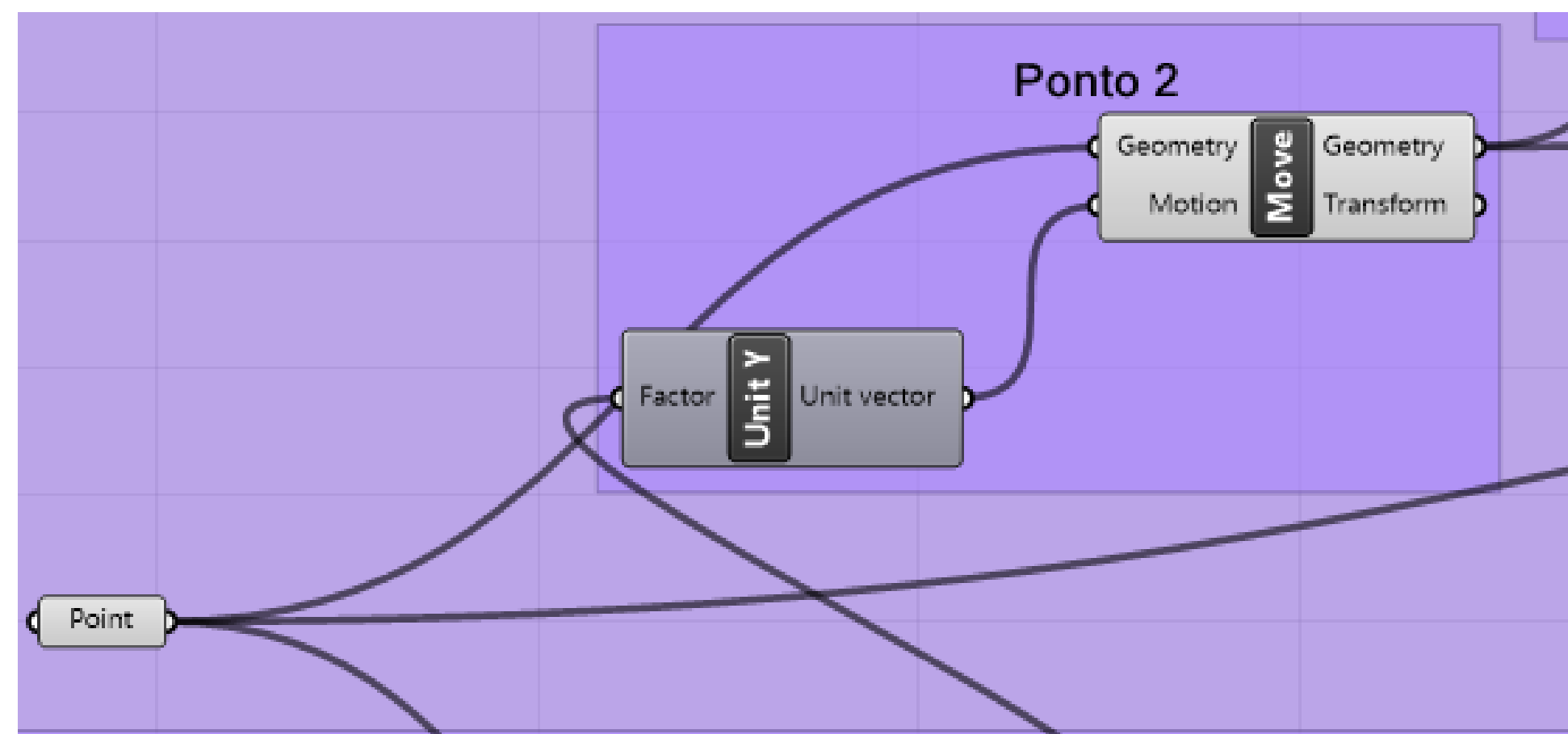
2 Construção de eixos de secção

2.1) Marcar Pontos

2.1.1) Utilizar o **mesmo ponto** marcado no rhino;

2.1.2) Mover o ponto, com o comando “**Move**”, no eixo Y (“**Unit Y**”), criando uma cópia (Ponto2);

2.1.3) A partir desse ponto copiado desconstroi-se utilizando os comandos “**Deconstruct**”, “**Addition's**”, “**Subtract**”, “**Construct Point**” e “**Number Slider**” (Ponto 3)

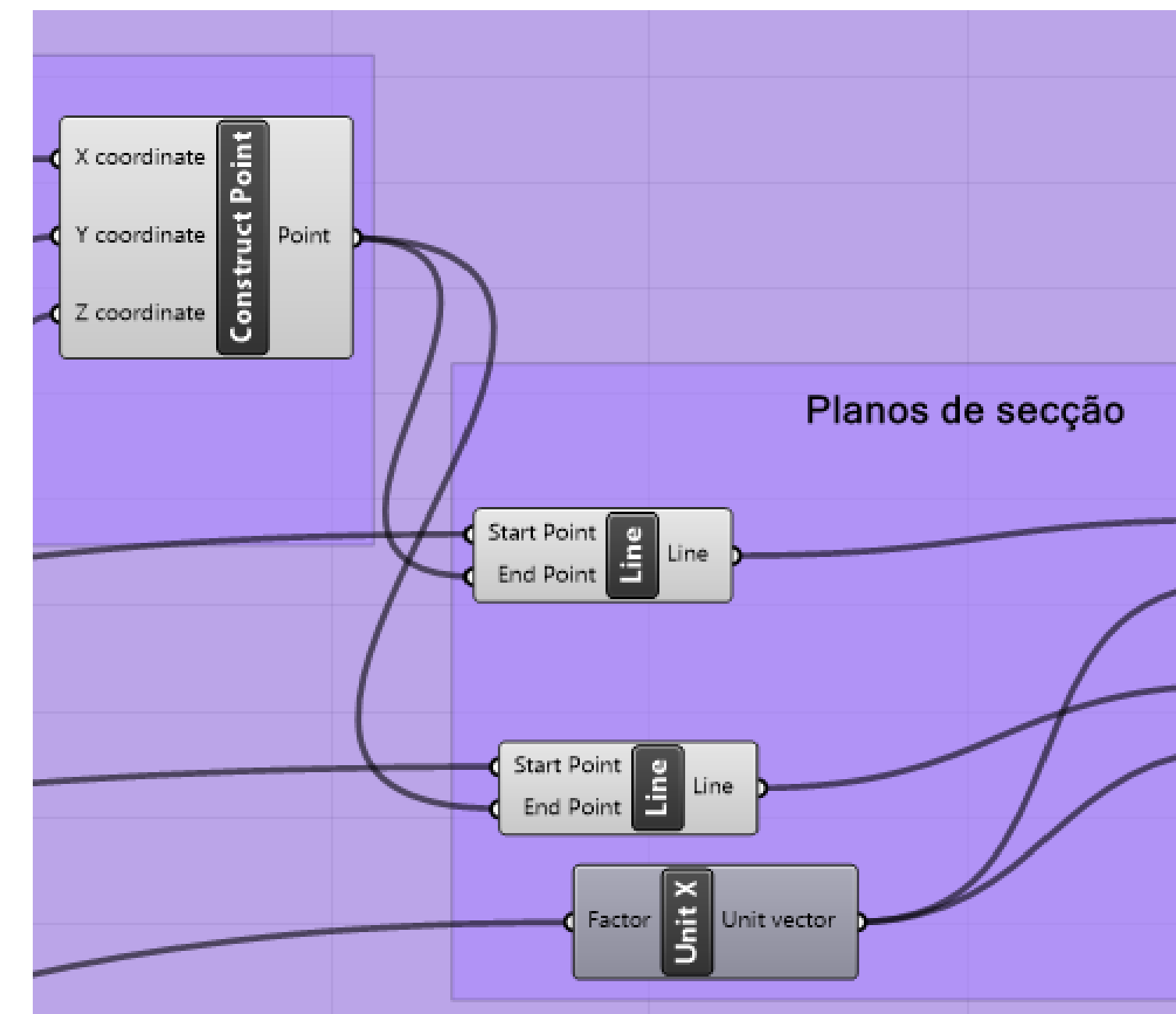


Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Cisterna:

2 Construção de eixos de secção 2.2) Marcar Linhas

2.2.1) Utilizando esses “novos” pontos criam-se linhas com o comando “**Line**” criando uma deste o ponto 2 ao ponto 3 e outra do ponto original ao ponto 3 (criando uma forma triangular;

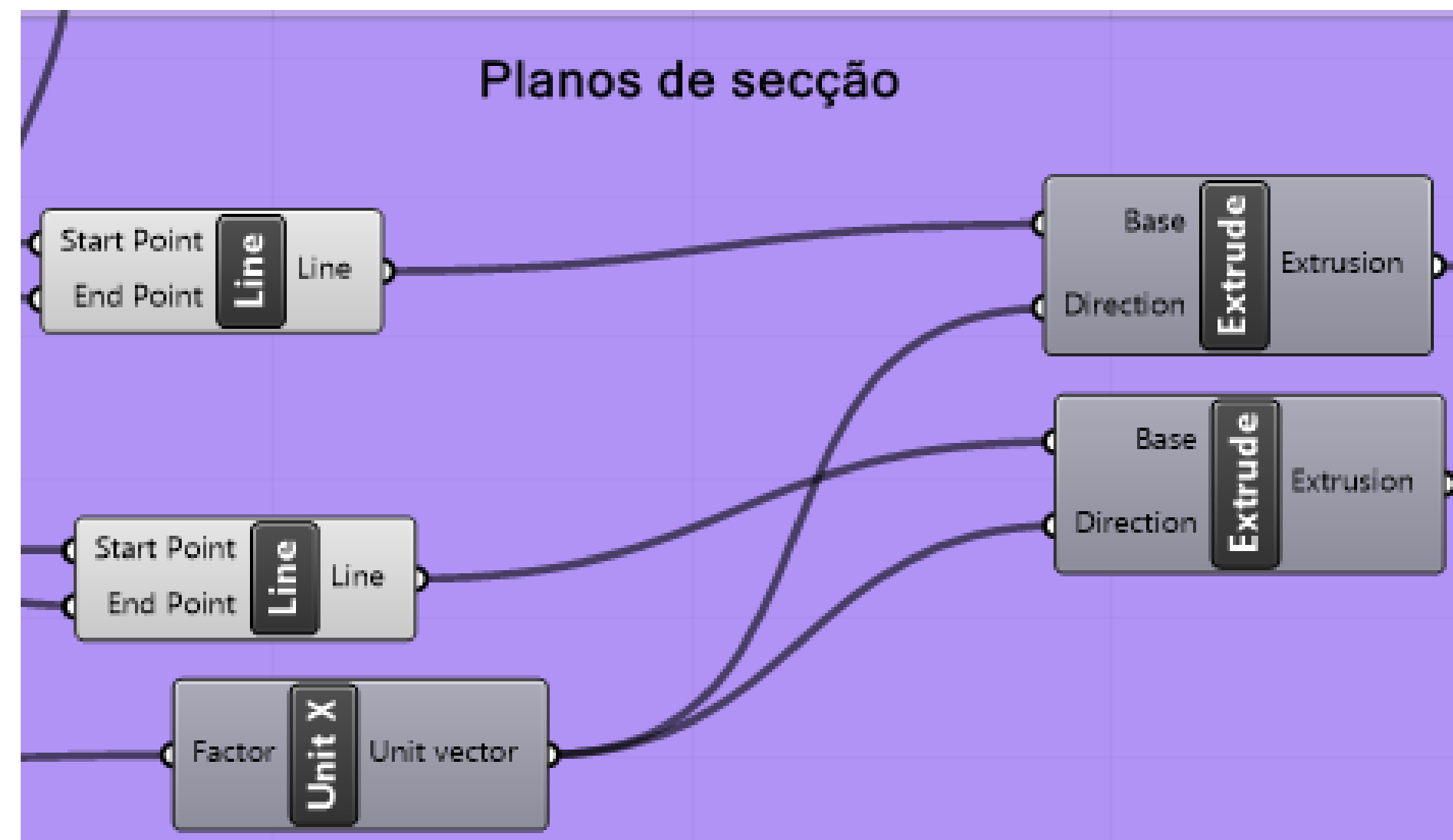


Abóbada de Cisterna:

2 Construção de eixos de secção

2.1) Marcar “planos” de secção

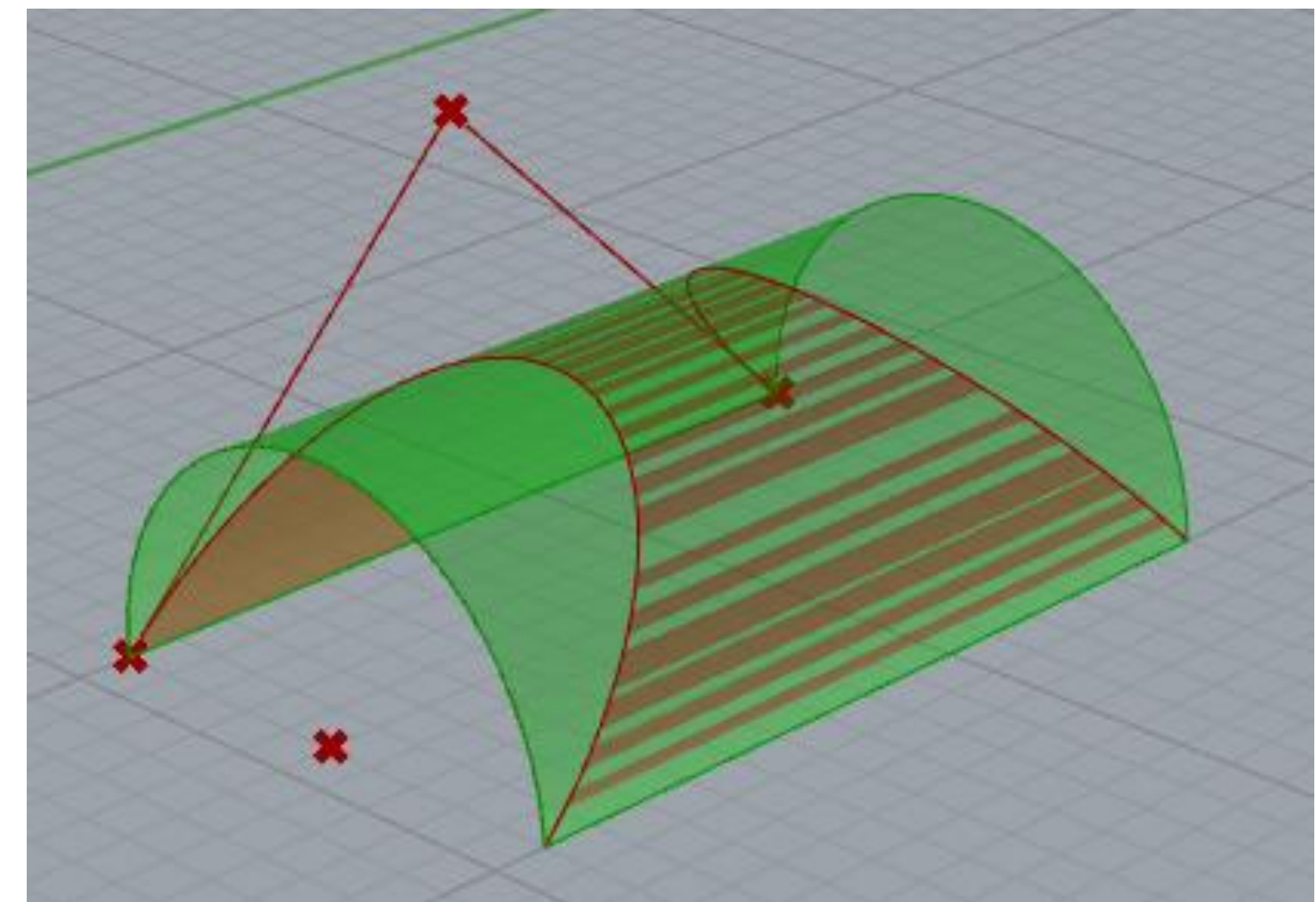
2.1.1) Utilizando as linhas marcadas anteriormente faz-se extrude com commando “**Extrude**” dando como direção de extrusão o eixo X (“**Unit X**”)



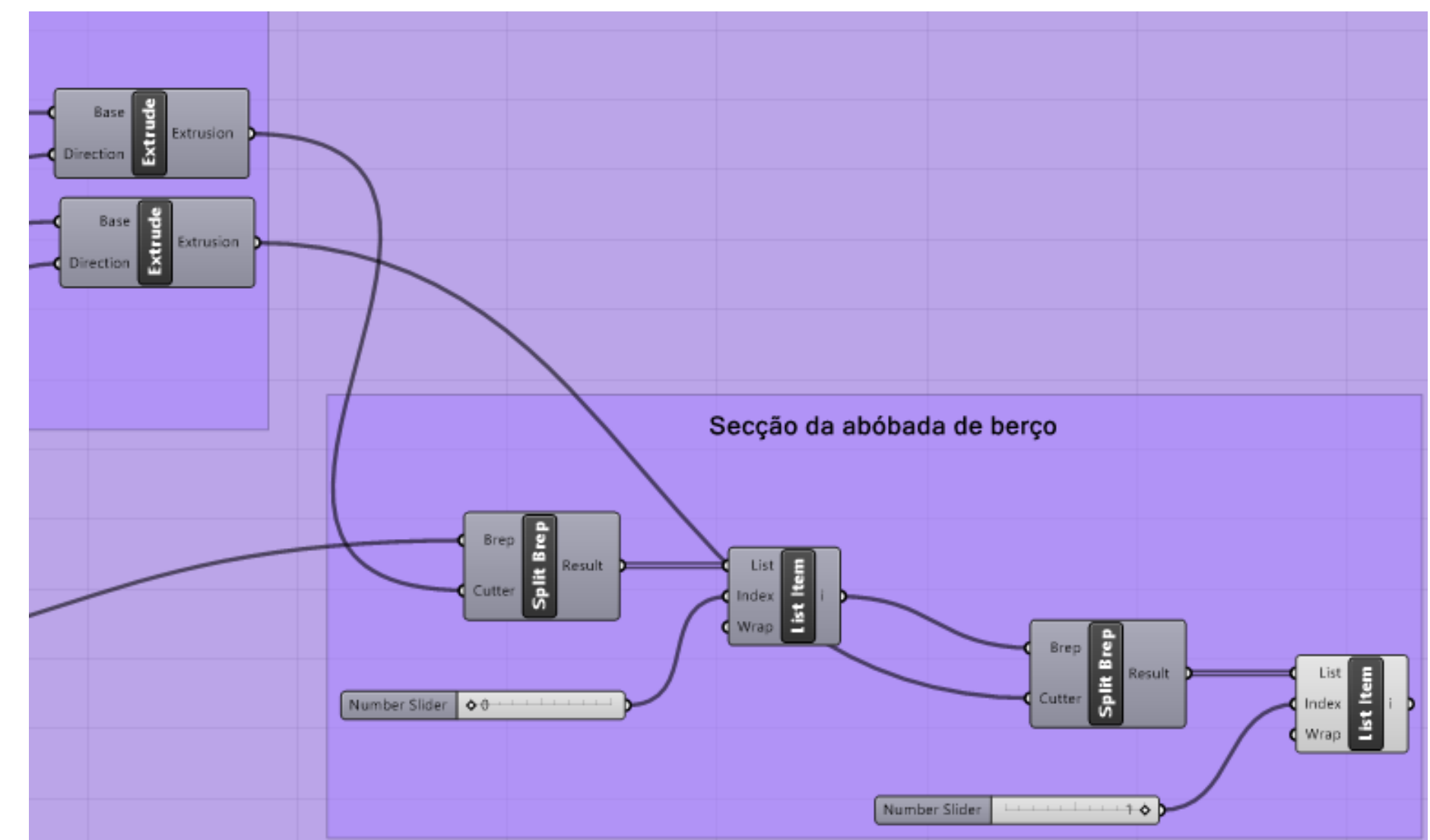
Exercício 2 – Abóbadas no GrassHopper

Abóbada de Cisterna:

3 Fazer a secção da abóbada de berço



3.1) Com esses “novos planos” criados utiliza-se o comando “**Split Brep**” para separar a parte da secção diagonal que fica de fora da abóbada



Fim do Exercício 2

Abóbadas no GrassHopper